



TUGAS AKHIR – TI141325

ANALISIS POTENSI ENERGI TERBARUKAN DAN KAJIAN TEKNO-EKONOMI UNTUK REKOMENDASI PEMBANGKIT LISTRIK DI KABUPATEN NUNUKAN DAN MALINAU PROVINSI KALIMANTAN UTARA

ZAHRATIKA RAHMADYANI
2511100107

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph. D
Dosen Ko-Pembimbing
Yudha Prasetyawan, ST., M.Eng

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT – TI141325

ANALYSIS OF THE RENEWABLE ENERGY POTENTIAL AND TECHNO-ECONOMIC STUDY FOR THE POWER PLANTS RECOMMENDATION IN NUNUKAN AND MALINAU DISTRICT PROVINCE OF NORTH KALIMANTAN

ZAHRATIKA RAHMADYANI
2511100107

Supervisor
Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph. D
Co-Supervisor
Yudha Prasetyawan, ST., M.Eng

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**ANALISIS POTENSI ENERGI TERBARUKAN DAN KAJIAN TEKNO-
EKONOMI UNTUK REKOMENDASI PEMBANGKIT LISTRIK DI
KABUPATEN NUNUKAN DAN MALINAU PROVINSI KALIMANTAN
UTARA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ZAHRATIKA RAHMADYANI

Nrp. 2511100107

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D......(Pembimbing)

Yudha Prasetyawan, ST., M.Eng......(Ko-Pembimbing)



ANALISIS POTENSI ENERGI TERBARUKAN DAN KAJIAN TEKNO-EKONOMI UNTUK REKOMENDASI PEMBANGKIT LISTRIK DI KABUPATEN NUNUKAN DAN MALINAU PROVINSI KALIMANTAN UTARA

Nama : Zahratika Rahmadyani
NRP : 2511100107
Jurusan : Teknik Industri ITS
Pembimbing : Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D
Co-Pembimbing : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

ABSTRAK

Provinsi Kalimantan Utara merupakan provinsi paling baru di Indonesia. Dengan kondisi tersebut, salah satu permasalahan utama yang terjadi adalah ketersediaan aliran listrik yang jumlah pasokannya terbatas. Begitu pula dengan Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau yang merupakan kabupaten di Provinsi Kalimantan Utara dengan luas wilayah area terbesar dan masih terus dan perlu untuk dilakukan pembangunan. Dengan pertumbuhan rata-rata penduduk dalam lima tahun terakhir sebesar 10% dan 11%, tentu ketersediaan tenaga listrik di masing-masing kabupaten tersebut juga terus bertambah agar dapat menopang kesejahteraan rakyat. Selain itu, energi fosil yang dijadikan sumber utama pembangkit listrik semakin lama semakin menipis jumlahnya. Dengan demikian diperlukan suatu kajian secara teknis dan ekonomis tentang kebutuhan energi, potensi sumber-sumber energi terbarukan (EBT), infrastruktur yang diperlukan, kajian teknis untuk mendapatkan skala produksi yang mumpuni dan berkelanjutan, kajian ekonomis yang menumbuhkan kesejahteraan rakyat dan pola pemberdayaan masyarakat dengan pendampingan pemerintah yang mampu membuat pola pemenuhan dan pemanfaatan yang dinamis dan berkesinambungan. Luaran dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah teridentifikasinya sumber-sumber energi terbarukan yang teridentifikasi di masing-masing kabupaten yaitu energi mikrohidro 385 Kw di Kabupaten Nunukan dan 791.95 Kw di Kabupaten Malinau, serta energi surya yaitu sebesar 18,323,854.96 Kw untuk Kabupaten Nunukan dan 51,049,968.52 Kw untuk Kabupaten Malinau. Selain itu didapatkan pula proyeksi kebutuhan energi listrik masyarakat menggunakan *software* LEAP yang terus meningkat hingga tahun 2030 sebesar 26 kali lipat untuk Kabupaten Nunukan dan 22 kali lipat untuk Kabupaten Malinau. Analisis teknis dan ekonomis dimulai dari teknis pembangunan pembangkit, perencanaan lokasi dan tahun pembangunan, serta uji kelayakan finansial pembangunan pembangkit, dimana semua PLTMH dan PLTS yang direncanakan layak untuk dibangun berdasarkan NPV yang bernilai positif.

Kata Kunci : Energi Terbarukan, Energi Listrik, Kajian Teknis-Ekonomis, LEAP

ANALYSIS OF THE RENEWABLE ENERGY POTENTIAL AND TECHNO-ECONOMIC STUDY FOR THE POWER PLANTS RECOMMENDATION IN NUNUKAN AND MALINAU DISTRICT PROVINCE OF NORTH KALIMANTAN

Nama : Zahratika Rahmadyani
NRP : 2511100107
Jurusan : Teknik Industri ITS
Pembimbing : Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D
Co-Pembimbing : Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng

ABSTRACT

North Borneo is the most recent constituting province in Indonesia. Due to the condition, one of main the problems that happens is the availability of electricity with limited sources. It also happens in Nunukan and Malinau district, which are the two of total greatest district area of North Kalimantan, so they still continue and necessary to do development. With the average of population growth in the last five years of 10% and 11%, of the availability of electricity in each district is also should be added or continue to grow in order to support the welfare of the citizens. In addition, fossil energy used as the main source of power plants is running on depleting the number. Thus required an examination of the pattern of electrical energy needs in the future, with all the preparations to be done now. It is defined as the study in technical and economical about energy needs, the potential of renewable energy sources, the necessary infrastructure, technical study to get the scale of production of particular importance and sustainable, the study of economic welfare of the people that foster community empowerment and the pattern community empowerment assistance with the government that is really making a pattern and the utilization of the fulfillment of a dynamic and sustainable. The results of the end of this is the duty of renewable energy sources that has identified in each district namely micro hydro energy in amount of 385 Kw for Nunukan and 791.95 for Malinau, and also for the solar energy in amount of 18,323,854.96 Kw for Nunukan dan 51,049,968.52 Kw for Malinau. In addition also the projection demand of electrical energy needs of people use software LEAP which is keep increasing until year 2030 by 26 times as much for Nunukan District and 22 times as much for Malinau District. The analysis that is done are from their economic and technical aspect in power plant buildment, the planning location and year of construction, as well as financial feasibility study of the building of the power plant construction, where all the power station is feasible to be built by looking at their NPV which are both positive.

Keywords : *Renewable Energy, Electricity, LEAP, Technical-Economic*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya dan tepat pada waktunya.

Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Industri dengan judul “Analisis Potensi Energi Terbarukan dan Kajian Tekno-Ekonomi Untuk Rekomendasi Pembangkit Listrik Di Kabupaten Nunukan dan Malinau Provinsi Kalimantan Utara”. Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan serta kemudahan pada penulis selama pelaksanaan penelitian dan pengerjaan Tugas Akhir, sehingga seluruhnya dapat diselesaikan dengan lancar.
2. Ayah dan Ibu tercinta, Bapak Drs. Ermi Widyatno, M.M dan Ibu Ir. Peni Kadarsih yang telah memberikan doa restu, semangat dan motivasi kepada penulis, agar penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.
3. Kakak dan Adik tercinta, Rikfigati Netrodyani, S.E dan M.Noorbuwono Erchaka Putro yang telah memberikan doa, semangat dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Prof. Ir. Budi Santosa, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri ITS.
5. Bapak Prof. Ir. Suparno, MSIE, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan nasihat selama penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir.
6. Bapak Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng selaku dosen co-pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan nasihat selama penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir.

7. Bapak Dr. Imam Baihaqi, M.Sc, Ph.D selaku salah satu dosen tim proyek penelitian yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan nasihat selama penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir.
8. Ibu Dewanti Anggrahini, S.T., M.T selaku dosen pengajar yang telah memberikan masukan, arahan dan menjadi pendengar yang baik selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Bapak Ir. Bambang Syairudin, M.T., selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan motivasi dan arahan kepada penulis selama berkuliah di Jurusan Teknik Industri ITS.
10. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Teknik Industri ITS atas jasanya yang telah mendidik penulis dan memberikan pelajaran yang sangat berharga selama penulis berkuliah di Teknik Industri ITS.
11. Bapak Prof. Dr. Darminto, M.Sc selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITS yang telah memberikan segala bentuk bantuan dalam survey langsung di Provinsi Kalimantan Utara selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
12. Kepala Daerah (Bupati) Kabupaten Nunukan, Kabupaten Malinau, Kabupaten Bulungan, Kabupaten Tana Tidung dan Walikota Tarakan yang sangat membantu dalam perizinan pengambilan data melalui dinas-dinas di masing-masing kabupaten di Provinsi Kalimantan Utara.
13. Kepala Dinas Pertambangan dan Energi (Distamben) Kabupaten Nunukan, Kabupaten Malinau, Kabupaten Bulungan, Kabupaten Tana Tidung dan Dinas Kehutanan, Pertambangan dan Energi (Dishutamben) Kota Tarakan yang sangat membantu dalam pelaksanaan pengambilan data saat survey langsung di Provinsi Kalimantan Utara terkait kondisi kelistrikan daerah dan potensi energi terbarukan (EBT) masing-masing daerah.
14. Kepala Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kabupaten Nunukan, Kabupaten Malinau, Kabupaten Bulungan, Kabupaten Tana Tidung dan Kota Tarakan yang sangat membantu dalam pelaksanaan pengambilan data saat survey langsung di Provinsi Kalimantan Utara terkait profil daerah dan kondisi umum serta data-data statistik masing-masing daerah.

15. Pak Abdul Rachim selaku Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) beserta rekan-rekan akademisi Universitas Borneo Tarakan (UBT) dalam membantu penulis selama melakukan survey langsung di Provinsi Kalimantan Utara.
16. Pak Agus (Wakil Rektor III UBT), Mas Salis dan rekan-rekan yang menetap di *guesthouse* yang telah banyak membantu penulis selama berada di Tarakan, Kalimantan Utara.
17. Ibu Fitriani Said, sebagai dosen pembimbing selama pengerjaan tugas akhir di Tarakan dan sangat membantu penulis dalam proses pengambilan data selama penulis berada di Kalimantan Utara.
18. Indah Purnama Sari, sebagai rekan seperjuangan proyek penelitian dan tugas akhir yang telah berjuang bersama selama survey langsung di Provinsi Kalimantan Utara, menemani dan membantu penulis untuk berdiskusi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
19. Sofyan Fahmi, Angga Ari Prasetyo, Christian Gotama, Ade Iftahq, Ahmad Nizar Pratama, Desinta Riani, Sherry Cheria, Vita Nabela, Esty Putrianingsih, Herdian, Yanik Andriani, Normalita Sari, Resa Christa, Sari Jumayla, Imam Syafii dan Revi Renaldi yang telah memberikan motivasi, arahan serta membantu penulis untuk berdiskusi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
20. Keluarga besar Laboratorium Sistem Manufaktur, Mbak Novi, Martian, Ziyad, Feny, Faiz, Denisa, Amir, Viona, Riris, Andrian, Youvita dan Sri Wahyuni serta seluruh Sismanity Brotherhood. Terima kasih atas kebersamaannya selama penulis menjadi Asisten Laboratorium Manufaktur.
21. Linggar Asa, Inesia, Pramadhani, Kuntoro, Joshua, Willy, Rahardian, Satria dan Bramantyo yang telah memberikan hiburan, motivasi serta menemani penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
22. Sahabat semasa SMP, Rosintchi, Silvi, Tiffany, Aidarna, Hanifah, dan Wery Kurnia atas kebersamaan, doa dan dukungannya.

23. Sahabat semasa SMA, Farella, Impi, Karina, Anna, Asyifa, Alit, Farah, Puspa, Edho, Grignon, Dimas dan Jovan atas kebersamaan, doa dan dukungannya.
24. Sahabat semasa perkuliahan, Nadhifati, Rizky Astari, Nesya dan Dazen beserta pasangannya masing-masing, terimakasih atas kebersamaan, doa dan dukungannya.
25. Yoga Rahmansyah Pratama, terimakasih telah memberikan doa, dukungan, motivasi serta menemani penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
26. Rekan-rekan Kementerian Hubungan Luar BEM ITS, Dedy, Eka, Azzah, Fajar, Mufi, Linda, Vanny, Fifi, Titin, Dhana, Najib, Alexander, Aldiansyah, Andhanu, Ishom, Fauzi, Wahana, Ihsan, Hezron dan Arief atas kebersamaan, doa dan dukungannya.
27. Adik-adik junior tercinta, Ranin, Arif, Mizan, Rifka dan Sabilla atas kebersamaan, doa dan dukungannya.
28. Erma Pratiwi Astiti, teman seperjuangan Kerja Praktek di PT GMF Aeroasia yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi untuk penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
29. Kelompok Perencanaan Industri II, Ayu, Evans, Ajie dan Warda yang senantiasa memberikan pengertian dan dukungan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
30. Teman-teman TI angkatan 2011 (VERESIS) yang telah berjuang bersama dan saling memberikan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
31. Mbak dan Mas senior angkatan 2009 dan 2010 beserta dik-adik angkatan 2012, 2013 dan 2014 Teknik Industri ITS, terimakasih atas dukungan dan kebersamaannya selama saya menjadi mahasiswa Teknik Industri ITS.
32. Beyonc Knowles Carter, yang telah menemani penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir melalui karya-karya dan musiknya.
33. Starbucks Coffee East Coast Center, J.Co Donuts & Coffee Galaxy Mall, Bakerzin Galaxy Mall, Coffee Toffee dan *coffee shop* lainnya yang selalu menyediakan tempat yang nyaman selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

34. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan, doa, masukan dan dukungannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan Tugas Akhir ini, masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang ada. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan.....	6
1.4 Manfaat.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.5.1 Batasan.....	7
1.5.2 Asumsi	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
1.7 Relevansi Penelitian	9
BAB II.....	11
TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Energi Baru Terbarukan (EBT).....	11
2.1.1 Energi Surya.....	12
2.1.2 Energi Angin.....	14
2.1.3 Energi Mikrohidro	15
2.1.4 Energi Biomassa	17
2.1.5 Energi Panas Bumi.....	18
2.1.6 Energi Pasang Surut.....	20

2.2	Kondisi Energi dan Kelistrikan di Indonesia Secara Umum.....	21
2.3	Kabupaten Nunukan.....	26
2.3.1	Kondisi Umum Kabupaten Nunukan.....	26
2.3.2	Kondisi Kelistrikan Kabupaten Nunukan	28
2.4	Kabupaten Malinau	29
2.4.1	Kondisi Umum Kabupaten Malinau	29
2.4.2	Kondisi Kelistrikan Kabupaten Malinau	30
2.5	<i>Software</i> Long-Range Energy Alternatives Planning (LEAP).....	34
2.6	<i>Software</i> HOMER Energy	36
2.7	Sistem Transmisi Tenaga Listrik	37
2.8	Aspek Ekonomis Studi Kelayakan	40
2.9	Supply Chain Management	44
BAB III		47
METODOLOGI PENELITIAN.....		47
3.1	Studi Literatur Penelitian	48
3.2	Prosedur Pengambilan Data	49
3.3	Prosedur Pengolahan Data dan Analisis Hasil	52
3.4	Penarikan Kesimpulan dan Saran.....	54
BAB IV		55
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		55
4.1	Pengumpulan Data Identifikasi EBT.....	55
4.1.1	Data Identifikasi Energi Angin	55
4.1.2	Data Identifikasi Energi Mikrohidro.....	57
4.1.3	Data Identifikasi Energi Surya.....	58
4.2	Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik	59
4.2.1	Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Nunukan.....	62

4.2.2	Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Malinau	68
4.3	Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Terbarukan	71
4.3.1	Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Mikrohidro	72
4.3.2	Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Surya	73
4.4	Hasil Perhitungan Potensi Energi Terbarukan	83
4.4.1	Hasil Perhitungan Potensi Energi Mikrohidro	83
4.4.2	Hasil Perhitungan Potensi Energi Surya	86
4.5	Perhitungan Aspek Ekonomis Pembangkit Listrik	104
4.5.1	Perhitungan Aspek Ekonomis PLTMH	106
4.5.2	Perhitungan Aspek Ekonomis PLTS	124
4.6	Perencanaan Lokasi dan Tahun Pembangunan Pembangkit	143
4.6.1	Perencanaan Lokasi dan Tahun Pembangunan PLTMH	143
4.6.2	Perencanaan Lokasi dan Tahun Pembangunan PLTS	148
BAB V		173
ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA.....		173
5.1	Analisis Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik	173
5.1.1	Analisis Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik di Kabupaten Nunukan	174
5.1.2	Analisis Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik di Kabupaten Malinau	176
5.2	Analisis Hasil Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Terbarukan	177
5.2.1	Analisis Hasil Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Mikrohidro	177
5.2.2	Analisis Hasil Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Surya	179
5.3	Analisis Perhitungan Aspek Ekonomis Pembangkit Listrik	181

5.3.1	Analisis Perhitungan Aspek Ekonomis PLTMH	181
5.3.2	Analisis Perhitungan Aspek Ekonomis PLTS	184
5.4	Analisis <i>Value Chain</i>	186
5.5	Analisis Integrasi Sistem Pembangunan Pembangkit Listrik	192
BAB VI		199
KESIMPULAN DAN SARAN.....		199
6.1	Kesimpulan.....	199
6.2	Saran.....	202
DAFTAR PUSTAKA		203

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rasio Elektrifikasi Tiap Kecamatan di Kabupaten Nunukan.	2
Gambar 1. 2 Rasio Elektrifikasi Tiap Kecamatan di Kabupaten Malinau.....	3
Gambar 2. 1 Keterkaitan Antara Masing-Masing Pembahasan di Tinjauan Pustaka	11
Gambar 2. 2 Contoh Pembangunan PLTS di Indonesia.	12
Gambar 2. 3 Contoh PLTB dan PLTH di Indonesia.....	14
Gambar 2. 4 Perbandingan Antara Skala dan Sistem PLTA dan PLTMH.....	16
Gambar 2. 5 Contoh PLT Biomass di Indonesia.	17
Gambar 2. 6 Contoh Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) di Indonesia	19
Gambar 2. 7 Contoh Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut (PLTPS) di Indonesia.....	20
Gambar 2. 8 Produksi Energi Listrik Menurut Jenis Bahan Bakar Pembangkit di Indonesia.....	24
Gambar 2. 9 Penjualan Listrik PLN Menurut Kelompok Pelanggan di Indonesia	25
Gambar 2. 10 Jumlah MWH Terjual Tahun 2013 di Kabupaten Nunukan.	28
Gambar 2. 11 Jenis dan Jumlah Pembangkit Listrik Terpasang di Kabupaten Nunukan.....	29
Gambar 2.12 Jenis dan Jumlah Pembangkit Listrik Terpasang di Kabupaten Malinau.....	33
Gambar 2. 13 Tampilan dari Software LEAP.....	35
Gambar 2. 14 Tampilan Software HOMER Energy.....	37
Gambar 2. 15 Diagram Dasar Sistem Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. ..	38
Gambar 2. 16 Gambaran Umum Sistem Transmisi Tenaga Listrik.....	39
Gambar 2. 18 Jaringan Supply Chain.	45

Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.	47
Gambar 3. 2 Kajian-Kajian Terdahulu yang Digunakan dalam Studi Literatur	48
Gambar 3. 3 Sumber dan Prosedur dalam Pengambilan Data Tugas Akhir	50
Gambar 3. 4 Identifikasi Potensi Energi Surya Menggunakan <i>Software</i> HOMER Energy.....	52
Gambar 3. 5 Prosedur Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Menggunakan <i>Software</i> LEAP.	53
Gambar 4. 1 Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Nunukan dengan <i>Software</i> LEAP.....	65
Gambar 4. 2 Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Kabupaten Nunukan dengan <i>Software</i> LEAP.....	66
Gambar 4. 3 Hasil Proyeksi Kebutuhan Beban Listrik Kabupaten Malinau dengan <i>Software</i> LEAP.....	69
Gambar 4. 4 Hasil Proyeksi Kebutuhan Beban Listrik Kabupaten Malinau dengan <i>Software</i> LEAP.....	70
Gambar 4. 5 Skema Sistem Photovoltaik.	75
Gambar 4. 6 Contoh Cashflow PLTMH Paking Kabupaten Malinau..	115
Gambar 4. 8 Perencanaan Lokasi PLTMH di Kabupaten Nunukan.	146
Gambar 4. 9 Perencanaan Lokasi PLTMH di Kabupaten Malinau.	147
Gambar 5.1 Pelaku Industri Energi Terbarukan.	188
Gambar 5.2 Value Chain Industri Energi Eksisting.....	188
Gambar 5.3 Value Chain Penyediaan Industri Energi Terbarukan di Daerah Pembangunan.....	189
Gambar 5.4 Integrasi Sistem Pembangunan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan	192

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan PLTS.	13
Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan PLTB.	15
Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan PLTMH.	16
Tabel 2. 4 Kelebihan dan Kekurangan PLT Biomass.	17
Tabel 2. 5 Kelebihan dan Kekurangan PLTPB.	19
Tabel 2. 6 Kelebihan dan Kekurangan PLTPS.	21
Tabel 2. 7 Persentase Penggunaan EBT Pembangkit Listrik di Indonesia Tahun 2012.	26
Tabel 2. 8 Daftar Nama Kecamatan dan Luas Wilayah Kabupaten Nunukan.	27
Tabel 2. 9 Daftar Kecamatan dan Luas Wilayah di Kabupaten Malinau.	31
Tabel 2. 10 Data Jumlah Pelanggan dan Kwh Terjual Kabupaten Malinau Tahun 2013.	31
Tabel 2. 11 Jumlah KK Berlistrik dan Belum Berlistrik Kabupaten Malinau.	32
Tabel 4. 1 Kondisi Angin Berdasarkan Kelas Angin.	56
Tabel 4. 2 Tingkat Kecepatan Angin 10 meter diatas Permukaan Tanah.	57
Tabel 4. 3 Sungai-Sungai yang Berpotensi sebagai PLTMH di Kabupaten Malinau.	58
Tabel 4. 4 <i>Score Autocorrelation Function</i> dari Data Historis Jumlah Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Nunukan.	60
Tabel 4. 5 Perbandingan Tingkat Error pada Tiap Metode.	61
Tabel 4. 6 Plot Hasil Peramalan dengan Metode DKL 3.01 pada Metode <i>Trend Analysis</i>	62
Tabel 4. 7 Radiasi Harian Rata-Rata Matahari di Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara.	63
Tabel 4. 8 Jumlah Pelanggan dan Jumlah Intensitas Penggunaan Energi di Kabupaten Nunukan.	63
Tabel 4. 9 Rata-rata Pertumbuhan Jumlah Pelanggan dan Intensitas Penggunaan Energi di Kabupaten Nunukan.	64

Tabel 4. 10 Laju Pertumbuhan PDRB (<i>GDP Growth Rate</i>) Kabupaten Nunukan.	64
Tabel 4. 11 Kebutuhan Energi Listrik Tiap Tahun untuk Masing-Masing Pelanggan di Kabupaten Nunukan.	67
Tabel 4. 12 Jumlah Pelanggan dan Jumlah Intensitas Penggunaan Energi di Kabupaten Malinau.	68
Tabel 4. 13 Persentase Pertumbuhan Jumlah Pelanggan dan Intensitas Penggunaan Energi di Kabupaten Malinau.	68
Tabel 4. 14 Laju Pertumbuhan PDRB (<i>GDP Growth Rate</i>) Kabupaten Malinau.	68
Tabel 4. 15 Kebutuhan Energi Listrik Tiap Tahun untuk Masing-Masing Pelanggan di Kabupaten Malinau.	71
Tabel 4. 16 Sungai-Sungai yang Berpotensi sebagai PLTMH di Kabupaten Malinau	74
Tabel 4. 17 Radiasi Harian Rata-Rata Matahari di Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara	76
Tabel 4. 18 Potensi Energi Surya di Kabupaten Nunukan.	78
Tabel 4.19 Radiasi Harian Rata-Rata Matahari di Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara.	80
Tabel 4. 20 Potensi Energi Surya Kabupaten Malinau.	82
Tabel 4. 21 Rancangan Kebutuhan Daya per Rumah Tangga.	84
Tabel 4. 22 Persentase Rumah Tangga yang Dapat Teraliri Listrik PLTMH di Kabupaten Nunukan.	85
Tabel 4. 23 Persentase Rumah Tangga yang Dapat Teraliri Listrik PLTMH di Kabupaten Malinau.	86
Tabel 4. 24 Perhitungan Total Potensi Energi Surya Tahun 2015-2030 (watt) di Kabupaten Nunukan.	88
Tabel 4. 25 PV Area Masing-Masing Kecamatan di Kabupaten Nunukan.	91
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Perhitungan Pembangkitan Daya Kabupaten Nunukan Tahun 2015-2030.	92
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Perhitungan Pembangkitan Daya Pertahun Kabupaten Nunukan.	92
Tabel 4. 28 Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Rumah Tangga.	93

Tabel 4. 29 Persentase Rumah Tangga yang Dapat Teraliri Listrik Potensi Energi Surya di Kabupaten Nunukan.	94
Tabel 4. 30 Perhitungan Total Potensi Energi Surya Tahun 2015-2030 (watt) di Kabupaten Malinau.....	97
Tabel 4. 31 PV Area Masing-Masing Kecamatan di Kabupaten Malinau.	99
Tabel 4.32 Rekapitulasi Perhitungan Pembangkitan Daya Kabupaten Malinau Tahun 2015-2030.	100
Tabel 4.33 Rekapitulasi Perhitungan Pembangkitan Daya Pertahun Kabupaten Malinau.	101
Tabel 4.34 Persentase Rumah Tangga yang Dapat Dialiri Berdasarkan Potensi Energi Surya di Kabupaten Malinau.....	102
Tabel 4. 35 Data Proyeksi Persentase Inflasi Tahun 2015-2030.	105
Tabel 4. 36 Rincian Biaya Pembangunan PLTMH per Komponen Penyusun. ...	107
Tabel 4. 37 Tabel Perhitungan Biaya Operasional dan Maintenance per Kw tiap Tahunnya.....	108
Tabel 4. 38 Biaya Pembangunan PLTMH per Kw Tiap Tahunnya.....	108
Tabel 4. 39 Parameter-Parameter Hasil Perhitungan dalam Perhitungan Aspek Ekonomis.	110
Tabel 4. 40 Rekap Total Biaya Pembangunan Untuk Masing-Masing PLTMH di Kabupaten Nunukan.....	112
Tabel 4. 41 Rekap Total Biaya Pembangunan Untuk Masing-Masing PLTMH di Kabupaten Malinau.....	112
Tabel 4. 42 Rekap Perhitungan Harga Jual Listrik PLTMH.	114
Tabel 4. 43 Contoh Perhitungan <i>Cashflow</i> Tiap Tahun dan NPV dari PLTMH Paking, Kabupaten Malinau.....	117
Tabel 4. 44 Contoh Perhitungan Cashflow Tiap Tahun dan NPV dari PLTMH Paking, Kabupaten Malinau (lanjutan).	119
Tabel 4. 45 Perbandingan Total Biaya Pembangunan Aktual dengan Investasi per PLTMH di Kabupaten Nunukan.....	120
Tabel 4. 46 Perbandingan Total Biaya Pembangunan Aktual dengan Investasi per PLTMH di Kabupaten Malinau.....	121

Tabel 4. 47 Rekap Total Dana Tersisa dan NPV Masing-Masing PLTMH di Kabupaten Nunukan.....	122
Tabel 4. 48 Rekap Total Dana Tersisa dan NPV Masing-Masing PLTMH di Kabupaten Malinau.....	123
Tabel 4. 49 Daftar Supplier Nama-Nama Komponen Pembangkit	125
Tabel 4. 50 Rekap Kebutuhan Energi Listrik per Tahun di Kabupaten Nunukan (watt).....	126
Tabel 4. 51 Rekap Kebutuhan Energi Listrik per Tahun di Kabupaten Nunukan (watt).....	127
Tabel 4. 52 Contoh Perhitungan Rincian Total Biaya Pembangunan PLTS Tahun 2015 di Kabupaten Nunukan.	128
Tabel 4. 53 Rekap Total Biaya Pembangunan PLTS per Tahun di Kabupaten Nunukan.....	130
Tabel 4. 54 Rekap Total Biaya Pembangunan PLTS per Tahun di Kabupaten Malinau.	131
Tabel 4. 55 Perhitungan Biaya Jual Listrik per Kwh di Kabupaten Nunukan.....	133
Tabel 4. 56 Perhitungan Biaya Jual Listrik per Kwh di Kabupaten Malinau.	134
Tabel 4. 57 Contoh Perhitungan <i>Cashflow</i> dan NPV Salah Satu PLTS di Kabupaten Nunukan Tahun 2015.	136
Tabel 4. 58 Perbandingan Total Biaya Pembangunan Aktual dengan Investasi per PLTS di Kabupaten Nunukan.	139
Tabel 4. 59 Perbandingan Total Biaya Pembangunan Aktual dengan Investasi per PLTS di Kabupaten Malinau.	140
Tabel 4. 60 Rekap Total Dana Tersisa dan NPV Masing-Masing PLTS di Kabupaten Nunukan.....	141
Tabel 4. 61 Rekap Total Dana Tersisa dan NPV Masing-Masing PLTS di Kabupaten Malinau.....	142
Tabel 4. 62 Perencanaan Pembangunan PLTMH di Kabupaten Nunukan.	144
Tabel 4. 63 Perencanaan Pembangunan PLTMH di Kabupaten Malinau.	145
Tabel 4. 64 Rekap Perhitungan Faktor Objektif di Masing-Masing Kecamatan Kabupaten Nunukan.....	151

Tabel 4. 65 Perhitungan Relative Important Index Faktor Subjektif Kabupaten Nunukan.....	152
Tabel 4. 66 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Geografis Wilayah di Kabupaten Nunukan.....	153
Tabel 4. 67 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Pola Konsumsi Masyarakat di Kabupaten Nunukan.....	154
Tabel 4. 68 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Ketersediaan EBT di Kabupaten Nunukan..	155
Tabel 4. 69 Pairwise Comparison Perhitungan Faktor Subjektif di Kabupaten Nunukan.....	156
Tabel 4. 70 Pembobotan Faktor Subjektif untuk Kabupaten Nunukan.....	156
Tabel 4. 71 Perhitungan (<i>Location Preference Measure</i>) LPMi Tiap Kecamatan di Kabupaten Nunukan.....	158
Tabel 4. 72 Urutan Pembangunan PLTS di Kabupaten Nunukan.....	159
Tabel 4. 73 Perencanaan Lokasi Pembangunan PLTS Tahun 2015-2030 di Kabupaten Nunukan.....	160
Tabel 4. 74 Perhitungan Faktor Objektif di Kabupaten Malinau.....	163
Tabel 4. 75 Perhitungan Relative Important Index Faktor Subjektif Kabupaten Malinau.....	164
Tabel 4. 76 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Geografis Wilayah di Kabupaten Malinau.....	165
Tabel 4. 77 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Pola Konsumsi Masyarakat di Kabupaten Malinau.....	166
Tabel 4. 78 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Ketersediaan EBT di Kabupaten Malinau.....	167
Tabel 4. 79 Pairwise Comparison Perhitungan Faktor Subjektif di Kabupaten Malinau.....	168
Tabel 4. 80 Pembobotan Faktor Subjektif untuk Kabupaten Malinau.....	168
Tabel 4. 81 Perhitungan (<i>Location Preference Measure</i>) LPMi Tiap Kecamatan di Kabupaten Malinau.....	169
Tabel 4. 82 Urutan Pembangunan PLTS di Kabupaten Malinau.....	170

Tabel 4. 83 Perencanaan Lokasi Pembangunan PLTS Tahun 2015-2030 di Kabupaten Malinau.....	171
--	-----

BAB I

PENDAHULUAN

Pada Bab Pendahuluan ini akan dijelaskan mengenai latar belakang dilaksanakannya penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang berupa batasan dan asumsi, sistematika penulisan dari penelitian, serta relevansi penelitian.

1.1 Latar Belakang

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan, serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Berdasarkan UU No.30 Tahun 2007 tentang energi, dapat disimpulkan bahwa sumber daya energi merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kelangsungan hidup masyarakat, terutama dalam meningkatkan perekonomian suatu daerah, serta ketahanan nasional, maka sumber daya energi harus dikelola oleh Negara dengan sebaik-baiknya dan dipergunakan bagi kesejahteraan masyarakat. Oleh karena itu, perlu diupayakan pengelolaan energi, meliputi penyediaan, pemanfaatan, dan pengusahaan energi yang harus dilaksanakan secara berkelanjutan, optimal, dan terpadu guna memberikan nilai tambah bagi perekonomian bangsa dan Negara Kesatuan Republik Indonesia. Krisis energi saat ini mengajarkan masyarakat Indonesia tentang pentingnya upaya untuk melakukan penerapan dan pengembangan sumber energi terbarukan guna mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Provinsi Kalimantan Utara merupakan provinsi ke-34 atau provinsi termuda di Indonesia, dibentuk pada tanggal 25 Oktober 2012 berdasarkan UU Nomor 20 Tahun 2012. Dengan kondisi tersebut, salah satu permasalahan utama di provinsi ini adalah ketersediaan aliran listrik yang sangat diperlukan oleh masyarakat karena jumlah pasokannya yang terbatas. Begitu pula halnya dengan Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau yang merupakan kabupaten di Provinsi Kalimantan Utara dengan luas wilayah area terbesar dan masih terus dan perlu untuk melakukan pembangunan. Kabupaten Nunukan merupakan wilayah

paling utara dari Provinsi Kalimantan Utara. Posisinya yang berada di daerah perbatasan Indonesia-Malaysia menjadikan Kabupaten Nunukan sebagai daerah yang strategis dalam peta lalu lintas antar negara. Kondisi kelistrikan Kabupaten Nunukan tentu akan menjadi representasi kondisi Indonesia, dengan perbedaan yang cukup signifikan dibandingkan Negara Malaysia. Dengan pertumbuhan rata-rata penduduk dalam lima tahun terakhir sebesar 6.36%, tentu ketersediaan tenaga listrik di Kabupaten Nunukan juga harus terus ditingkatkan sehingga dapat menopang kesejahteraan rakyat. Hal ini sejalan dengan salah satu tulisan di dalam RPJMD Kab.Nunukan 2011-2016 (Rencana Sistem Prasarana Energi, Bab II, poin 3), mengenai arahan pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti biomass dan mikrohidro sebagai alternatif energi konvensional guna mengatasi ketidakseimbangan antar pasokan dan permintaan atas tenaga listrik di Kabupaten Nunukan, baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi kekurangan pasokan atas permintaan tenaga listrik yang harus segera diatasi. Kondisi kelistrikan Kabupaten Nunukan yang cukup mengkhawatirkan ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.

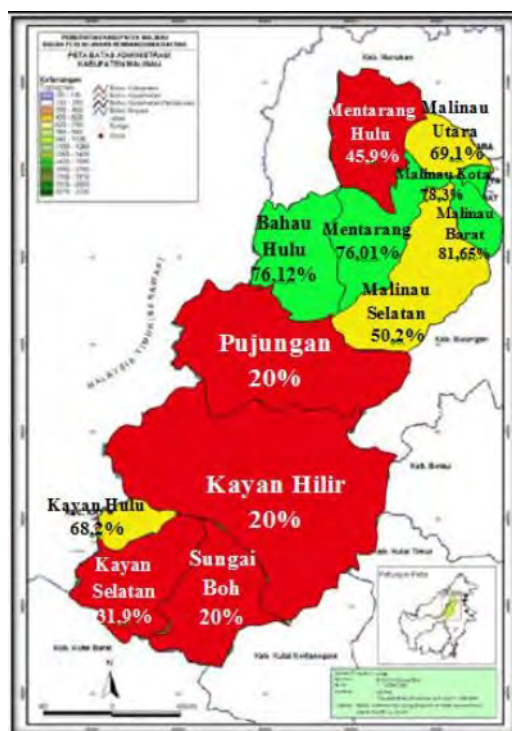


Keterangan : ● = Rasio Elektrifikasi $\leq 50\%$ ● = Rasio Elektrifikasi $\leq 70\%$ ● = Rasio Elektrifikasi $> 70\%$

Gambar 1. 1 Rasio Elektrifikasi Tiap Kecamatan di Kabupaten Nunukan.

Dari Gambar 1.1, dapat terlihat bahwa sejumlah delapan dari lima belas kecamatan memiliki rasio elektrifikasi yang sangat rendah, atau dengan kata lain lebih dari separuh wilayah Kabupaten Nunukan membutuhkan pembangunan dalam bidang ketenagalistrikan yang mumpuni untuk memenuhi hajat hidup

masyarakatnya. Demikian pula halnya dengan kondisi rasio elektrifikasi dari Kabupaten Malinau yang ditunjukkan pada Gambar 1.2.



Keterangan : ● = Rasio Elektrifikasi $\leq 50\%$ ● = Rasio Elektrifikasi $\leq 70\%$ ● = Rasio Elektrifikasi $> 70\%$

Gambar 1. 2 Rasio Elektrifikasi Tiap Kecamatan di Kabupaten Malinau.

Kabupaten Malinau memiliki rasio elektrifikasi rata-rata 64.97%, dengan kondisi wilayah yang luas, pengembangan di wilayah ini sangat dibutuhkan untuk dapat dilakukan secara merata. Kondisi kelistrikan yang masih terbilang buruk tersebut ikut menentukan tingkat kesejahteraan masyarakatnya. Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Tahun 2011-2016 Kabupaten Malinau, tertulis dalam Strategi dan Arah Kebijakan Pengembangan Wilayah, yaitu mengenai pemanfaatan kemajuan teknologi untuk mengembangkan sumber energi tenaga air, batu bara, surya dan angin. Tentu saja hal ini sejalan dengan tujuan dari penelitian ini yaitu pengembangan potensi energi terbarukan dalam pemenuhan kebutuhan listrik seiring dengan adanya kemajuan teknologi.

Selama ini, kebutuhan energi di Indonesia mayoritas dipenuhi oleh energi fosil yang merupakan sumber daya tak terbarukan, seperti minyak bumi dan batu

bara. Sementara itu ketersediaannya di alam semakin lama semakin menipis, hal ini dapat dibuktikan dengan penurunan rata-rata cadangan minyak bumi di Indonesia dalam lima tahun terakhir, yaitu sebesar 22 milyar barel per tahunnya (Ditjen MIGAS, 2012). Keadaan tersebut dapat semakin memburuk dan dengan semakin berkurangnya cadangan minyak bumi di Indonesia, diperkirakan energi fosil tersebut dapat habis pada tahun 2025. Semakin terbatasnya cadangan bahan bakar minyak tersebut berdampak ke berbagai aspek kehidupan, salah satunya pada aspek ketenagalistrikan. Pasokan bahan bakar yang kurang dan harganya yang selalu meningkat membuat sebagian pembangkit listrik di beberapa daerah tidak bekerja secara optimal, sehingga menyebabkan terjadinya pemadaman listrik bergilir. Seiring dengan pertumbuhan penduduk, pengembangan wilayah dan pembangunan di Indonesia yang semakin pesat tiap tahunnya, kebutuhan akan pemenuhan energi listrik dan juga bahan bakar secara nasional pun semakin besar. Jumlah masyarakat yang belum mendapatkan akses terhadap listrik masih 87,69 juta dari 252,13 juta penduduk. Walaupun jumlahnya berkurang dibandingkan tahun sebelumnya, angka tersebut menunjukkan masih sekitar 35% penduduk Indonesia belum teraliri listrik. Keterbatasan infrastruktur domestik juga menjadi tantangan dan permasalahan dalam memenuhi kebutuhan energi domestik. Ketergantungan terhadap minyak masih dominan mencapai 49,7% sementara pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) masih sekitar 6%, meskipun secara umum regulasi guna mendukung pengembangan EBT sudah diterbitkan, namun hal tersebut belum mampu untuk mendorong investor untuk mengusahakan dan mengembangkan EBT.

Hal-hal yang dijelaskan diatas menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia masih belum optimal, dikarenakan energi terbarukan belum kompetitif dibandingkan dengan energi fosil, dimana kajian-kajian dan penerapan (kondisi eksisting) menunjukkan bahwa lebih mudah memproduksi tenaga listrik dengan bahan bakar fosil dibandingkan energi terbarukan (EBT). Menurut data pendukung yang didapatkan dari Indonesia Energy Outlook (IEO) tahun 2012, terdapat beberapa isu serta berbagai kebijakan dan regulasi energi yang sedang dan akan berlangsung serta dipertimbangkan. Isu-isu tersebut membahas mengenai minyak bumi yang masih mendominasi bauran energi

nasional dan mengakibatkan ketergantungan terhadap impor minyak, akses energi listrik untuk masyarakat masih rendah, serta kebijakan subsidi harga energi yang makin terasa membebani APBN dan tidak kondusif bagi pengembangan energi terbarukan dan upaya efisiensi energi. Selain itu, salah satu penyebab kurang berkembangnya pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia adalah harga listrik yang dibangkitkan dari energi terbarukan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan energi listrik yang dibangkitkan dengan energi fosil. Namun sebenarnya dengan harga awal (*capital*) yang lebih tinggi, energi terbarukan memiliki manfaat yang lebih berkelanjutan. Energi terbarukan merupakan energi yang pada umumnya merupakan sumber daya non-fosil yang dapat diperbaharui dan apabila dikelola dengan baik maka sumber dayanya tidak akan habis. Jenis energi terbarukan meliputi panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, gelombang laut, angin, dan biomassa (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2012). Dari definisi EBT tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa semua energi terbarukan merupakan energi berkelanjutan, karena senantiasa tersedia di alam dalam waktu yang relatif sangat panjang sehingga tidak perlu antisipasi akan kehabisan sumbernya. Oleh karena itu, teknologi pemanfaatan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, menjadi salah satu alasan perlunya realisasi pembangkit listrik tenaga energi terbarukan secara lebih massive.

Dengan beberapa permasalahan yang telah disebutkan, terutama pasokan listrik yang kurang dari masing-masing kabupaten, permasalahan kebutuhan energi listrik di masa mendatang menjadi sangat penting untuk dilakukan, tentu saja dengan melihat pola konsumsi energi listrik masyarakat. Selain itu, perlu dilakukan kajian analisis tekno-ekonomi atau studi kelayakan berupa identifikasi potensi sumber energi terbarukan dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi listrik masyarakat di Provinsi Kalimantan Utara pada tahun 2015-2030, secara khusus di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau, dengan judul “Analisis Potensi Energi Terbarukan dan Kajian Tekno-Ekonomi Untuk Rekomendasi Pembangkit Listrik Di Kabupaten Nunukan dan Malinau Provinsi Kalimantan Utara”.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan pada sub bab 1.1, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu sebagai berikut: “Mengidentifikasi potensi sumber energi terbarukan dan melakukan studi analisis kelayakan kajian tekno-ekonomi dalam perencanaan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Energi Terbarukan (EBT) di Kabupaten Nunukan dan Malinau Provinsi Kalimantan Utara”.

1.3 Tujuan

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi potensi energi terbarukan di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau
2. Mengidentifikasi kebutuhan listrik yang belum terpenuhi di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau
3. Melakukan perencanaan kebutuhan energi listrik berdasarkan kondisi terkini dan estimasi pola konsumsi energi masyarakat mendatang

1.4 Manfaat

Manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan rencana penggunaan energi yang dapat mengurangi kadar penggunaan bahan bakar fosil
2. Memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara melalui proyeksi kebutuhan listrik yang dilakukan tahun 2015 hingga tahun 2030

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut ini ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi pengerjaan tugas akhir:

1.5.1 Batasan

1. Proyeksi kebutuhan listrik menggunakan data-data berupa jumlah penduduk, intensitas energi dan jumlah pelanggan listrik, beserta laju pertumbuhan masing-masing data tersebut dan laju pertumbuhan PDRB
2. Peramalan kebutuhan energi listrik dilakukan dari tahun 2015 hingga tahun 2030
3. Pengambilan data primer di Provinsi Kalimantan Utara dilakukan selama Bulan September Tahun 2014

1.5.2 Asumsi

1. Tidak ada perubahan secara signifikan pada faktor peramalan energi listrik yaitu laju pertumbuhan (*growth rate*) dari jumlah pelanggan dan intensitas energi listrik serta PDRB

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri atas enam bab dengan uraian sebagai berikut:

- Bab I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai penjelasan dari latar belakang, perumusan masalah (permasalahan), tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi, sistematika pembahasan serta relevansi.

- Bab II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini secara garis besar membahas mengenai tinjauan pustaka atau landasan teori yang berkaitan dengan penelitian, yaitu meliputi landasan teori mengenai energi baru terbarukan (EBT), kondisi energi dan kelistrikan secara umum di Negara Indonesia, kondisi energy dan kelistrikan di Provinsi Kalimantan Utara, informasi mengenai Kabupaten Nunukan, Kabupaten Malinau, serta penjelasan mengenai *tools* yang dipakai dalam pengolahan data yaitu *software* Long-Range Energy Alternatives Planning (LEAP) dan *software* HOMER Energy.

- Bab III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi *flowchart* beserta pembahasannya mengenai langkah-langkah yang digunakan dan dilakukan selama pengerjaan penelitian.

- Bab IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi mengenai pengumpulan data yang diperlukan serta pengolahan data menggunakan metodologi yang telah ditentukan sebelumnya.

- Bab V : ANALISIS DAN INTERPRETASI

Bab ini berisi mengenai hasil dari pengolahan data yang berguna untuk menjawab tujuan penelitian, beserta analisis-analisis dari tiap poin pembahasan.

- Bab VI: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan hasil pembahasan yang telah diperoleh serta saran dari seluruh proses pengerjaan penelitian tugas akhir ini

- DAFTAR PUSTAKA

Pada Daftar Pustaka akan berisi mengenai semua sumber referensi yang digunakan untuk membantu pengerjaan penelitian tugas akhir ini.

- LAMPIRAN

Pada Lampiran ini berisi data-data yang diperoleh selama pengerjaan penelitian, data-data dari seluruh dinas terkait, informasi-informasi dan dokumentasi yang berhubungan dengan keseluruhan isi laporan tugas akhir ini.

1.7 Relevansi Penelitian

Berikut ini adalah relevansi penelitian yang menjelaskan mengenai alasan dilakukannya penelitian dan sesuatu yang akan didapatkan secara akademis maupun secara praktis:

1. Dapat digunakan sebagai acuan pertimbangan energi alternatif EBT, yang dapat dibangkitkan pada berbagai daerah khususnya daerah dengan rasio elektrifikasi rendah, dengan kapasitas alam yang hampir sama dengan keadaan Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau.
2. Dapat digunakan sebagai referensi dalam penelitian selanjutnya mengenai proyeksi kebutuhan listrik dan langkah penyediaannya di suatu daerah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai bahasan tentang landasan teori yang berkaitan dalam pengerjaan tugas akhir, yaitu penjelasan dari Energi Baru Terbarukan (EBT), kondisi kelistrikan secara umum di Negara Indonesia dan daerah penelitian masing-masing yaitu Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau. Selain itu juga akan dijelaskan mengenai perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *software* Long-Range Energy Alternatives Planning (LEAP) dan *software* HOMER Energy. Keterkaitan antara masing-masing bahasan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Keterkaitan Antara Masing-Masing Pembahasan di Tinjauan Pustaka

2.1 Energi Baru Terbarukan (EBT)

Energi terbarukan merupakan energi yang pada umumnya merupakan sumber daya non-fosil yang dapat diperbaharui dan apabila dikelola dengan baik maka sumber dayanya tidak akan habis (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2012). Dari definisinya, semua energi terbarukan merupakan energi berkelanjutan, karena senantiasa tersedia di alam dalam waktu yang relatif sangat panjang sehingga tidak perlu antisipasi akan kehabisan sumbernya. Bahan bakar fosil yang ketersediaannya terbatas oleh alam, semakin lama jumlahnya semakin

menyusut dan menimbulkan efek samping yaitu melonjaknya harga, serta menyebabkan kerusakan lingkungan dalam pengambilannya. Sebaliknya, semua jenis energi terbarukan akan selalu tersedia di alam dan dapat selalu dimanfaatkan dalam penyediaan energi listrik, walaupun dengan keluaran daya energi yang tidak sebesar bahan bakar fosil, yang akan dijelaskan dalam paragraf-paragraf selanjutnya. Berikut ini adalah jenis-jenis energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik.

2.1.1 Energi Surya

Energi surya, berasal dari hasil radiasi pancaran sinar matahari, yang dapat dimanfaatkan untuk pemanasan air, pencahayaan rumah, penerangan jalan serta energi listrik untuk berbagai peralatan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dibangun dengan penggunaan panel-panel atau modul surya yang dapat menangkap sinar radiasi matahari, kemudian disimpan menggunakan baterai, atau jika dalam skala besar terdapat *power house* untuk mengelola daya listrik yang akan disimpan atau dialirkan. Terdapat beberapa macam material sel surya yang digunakan dalam PLTS, dengan karakteristik yang berbeda khususnya dari segi efisiensi sel dalam menangkap energi. Panel yang paling sering digunakan dalam jangka waktu akhir-akhir ini diantaranya adalah jenis monokristalin dan amorphous. Beberapa panel amorphous memiliki tingkat efisiensi yang rendah dan ukurannya dapat mencapai hingga dua kali lipat panel monokristalin. Berdasarkan beberapa sumber, panel monokristalin merupakan jenis panel surya paling efisien yang tersedia saat ini.



Gambar 2. 2 Contoh Pembangunan PLTS di Indonesia
(<http://sosok.kompasiana.com>).

Pada saat ini penggunaan tenaga surya (*solar panel*) masih dirasakan mahal dari segi biaya investasi untuk skala besar, karena pemanfaatannya perlu melihat karakteristik dan kondisi daerah. Kelebihan dan kekurangan dari PLTS disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan PLTS.

Kelebihan	Kekurangan
Sangat cocok untuk daerah tropis seperti Indonesia	Biaya awal yang cukup tinggi (harga panel surya berkisar antara \$12.000-\$18.000)
Dapat dipakai dimanapun, terutama di daerah yang belum terjangkau/teraliri listrik PLN	Diperlukan lahan atau lokasi yang cukup luas
Ramah lingkungan, karena tidak memancarkan emisi karbon berbahaya	Membutuhkan banyak air untuk tujuan pendinginan
Panel surya memiliki umur yang cukup lama, kurang lebih 30 tahun	Masih butuh solusi dalam meningkatkan efisiensi penyimpanan (efisiensi panel surya rata-rata hanya 20%)
Beroperasi tanpa mengeluarkan suara (tidak menyebabkan polusi suara)	Ketergantungan terhadap cuaca (jika mendung daya berkurang 30%)
Biaya pemeliharaan panel surya sangat rendah	Memerlukan baterai sebagai media penyimpan listrik (pemeliharaan baterai)
Pemasangannya relatif mudah	
Untuk beban yang kecil memiliki kecenderungan semakin ekonomis	

Karena PLTS sangat tergantung kepada radiasi sinar matahari, maka perencanaan yang baik sangat diperlukan. Perencanaan ini sebaiknya terdiri dari:

- Jumlah daya yang dibutuhkan dalam pemakaian sehari-hari;
- Berapa besar arus yang dihasilkan *solar cell panel* (dalam hal ini memperhitungkan berapa jumlah panel sel surya yang harus dipasang); serta
- Berapa unit baterai yang diperlukan untuk kapasitas yang diinginkan dan pertimbangan penggunaan tanpa sinar matahari.

Di Indonesia, khususnya di Provinsi Kalimantan Utara yang letak secara geografisnya mendekati garis khatulistiwa, memiliki potensi energi surya yang

sangat besar karena sinar matahari memberikan radiasi selama lebih dari 6 jam dalam satu hari dan radiasi yang dihasilkan pun sangat kuat seperti yang dapat dirasakan dalam kehidupan sehari-hari di Indonesia. Maka dari itu, perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai potensi energi surya di Provinsi Kalimantan Utara secara lebih detail.

2.1.2 Energi Angin

Terdapat pula energi angin, yang dalam pemanfaatannya menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB) menggunakan turbin (kincir angin) sebagai generator yang dapat menghasilkan listrik. Tenaga angin dapat dikombinasikan penggunaannya dengan tenaga surya, yang biasa disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH). Sistem pemanfaatannya yaitu dengan menggunakan tenaga surya sebagai daya/energi untuk menggerakkan turbin angin sehingga daya listrik yang dihasilkan akan menjadi lebih besar.



Gambar 2. 3 Contoh PLTB dan PLTH di Indonesia

(<http://sosok.kompasiana.com>).

Namun, pemanfaatan tenaga angin di Indonesia tidak direkomendasikan karena selain daya listrik yang dihasilkan relatif kecil (hingga puluhan watt), kelas angin di Indonesia merupakan kelas kecil antara kelas 1 sampai 3, dengan kelas angin yang berpotensi yaitu mulai dari kelas 5 (Said, 2009). Selain itu, angin di Indonesia bersifat fluktuatif kecepatannya atau jarang dalam kondisi stabil. Dengan kondisi umum berada pada kelas yang kecil, terkadang muncul jenis angin yang bersifat sporadis atau dengan tenaga yang sangat besar (bersifat destruktif), seperti angin puyuh atau angin puting beliung. Pembangkit Listrik

Tenaga Bayu/Angin (PLTB) juga memerlukan lahan yang luas serta datar dalam pembangunannya, dimana keberadaannya relatif sulit ditemukan di Indonesia. Data kelebihan dan kekurangan dari PLTB disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan PLTB.

Kelebihan	Kekurangan
Jika dibangun di daerah dengan kelas angin ≥ 5 , akan menghasilkan daya listrik yang besar	Sulit dibangun di Indonesia karena potensi tidak besar
	Membutuhkan lahan yang datar dan sangat luas

Seperti yang telah dijelaskan dalam paragraf sebelumnya, bahwa tenaga angin di Indonesia berada dalam kelas yang kecil (kelas 1-kelas 3), sehingga tidak direkomendasikan dalam pemanfaatan sumber energi listrik, oleh karena itu tidak perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai potensi energi angin secara detail di Provinsi Kalimantan Utara.

2.1.3 Energi Mikrohidro

Selain energi surya, salah satu energi terbarukan yang paling populer dan berpotensi yaitu tenaga air, dengan pemanfaatan skala kecilnya dinamakan dengan mikrohidro. Sumber energi air berasal dari sungai-sungai besar dengan aliran atau arus dan kepala air jatuh (*head/intake*) yang berpotensi menghasilkan listrik. Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), sistem pemanfaatannya dengan dibangun bendungan air yang sangat besar untuk dapat dihasilkan daya listrik yang besar pula. Daya yang dihasilkan dapat mencapai ribuan megawatt (MW). Salah satu PLTA yang sukses menjadi penyedia tenaga listrik di Indonesia adalah PLTA Waduk Jatiluhur di Jawa Barat. Sedangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan skala kecil dari PLTA, sistemnya bukan melalui pembendungan air, namun pembuatan *head* atau saluran air dengan ketinggian tertentu yang digerakkan melalui generator yang berada di *power house*.). Gambar 2.4 menunjukkan perbandingan antara PLTA dengan PLTMH.



Gambar 2. 4 Perbandingan Antara Skala dan Sistem PLTA dan PLTMH
(<http://www.sgp-indonesia.org/>).

PLTMH pada prinsipnya sama dengan PLTA yaitu memanfaatkan beda elevasi dan jumlah debit air yang ada pada aliran air. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi, maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Untuk daya keluaran PLTMH sendiri, biasanya berkisar antara ratusan watt hingga ratusan kilowatt (Kw). Klasifikasi PLTMH berdasarkan standar United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) yaitu: Pico Hydro untuk kapasitas <500 watt; Micro Hydro untuk 500 watt – 100 Kw; Mini Hydro untuk 100 Kw – 1 Mw; Small Hydro untuk 1 MW – 10 MW; dan Full-scale Hydro >10 MW. Kelebihan dan kekurangan dari pembangunan PLTMH disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan PLTMH.

Kelebihan	Kekurangan
Biaya pemeliharaan dan operasional cenderung lebih murah	Tidak semua aliran air dapat digunakan (faktor debit aliran sangat menentukan)
Dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi dan perikanan	Kemampuan teknisi lokal yang masih terbatas
Indonesia memiliki potensi air sungai yang besar	Kurangnya sosialisasi PLTMH untuk masyarakat pedesaan
PLTMH yang dikelola dengan baik dapat menjadi sumber PADes (Pendapatan Asli Desa)	

Di Provinsi Kalimantan Utara, khususnya Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau, terdapat sungai-sungai besar yang cukup banyak jumlahnya, sehingga perlu dilakukan kajian lanjut secara detail mengenai potensi daya listrik yang dapat dihasilkan oleh sungai-sungai tersebut dalam pengolahan dan analisis data.

2.1.4 Energi Biomassa

Terdapat pula jenis EBT lainnya, yaitu panas bumi, pasang surut laut serta biomassa. Ketiga tenaga ini merupakan tenaga yang paling jarang dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik di Indonesia. Energi biomassa dapat berupa hasil sisa pengolahan kelapa sawit, limbah kayu, hingga kotoran hewan (sapi). Daya yang dikeluarkan limbah energi biomassa cenderung kecil, hanya mencapai puluhan hingga ratusan watt. Pemanfaatannya pun sebagian besar hanya sebagai penggerak sederhana dari mesin-mesin yang dipakai di industri berskala kecil maupun Usaha Kecil dan Menengah (UKM).



Gambar 2. 5 Contoh PLT Biomass di Indonesia (<http://jaringnews.com/>).

Sedangkan Tabel 2.4 akan disajikan data kelebihan dan kekurangan dari pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Biomass.

Tabel 2. 4 Kelebihan dan Kekurangan PLT Biomass.

Kelebihan	Kekurangan
Merupakan pemanfaatan zat sisa pembuangan yang sudah tidak digunakan	Daya yang dihasilkan sangat kecil (hanya mencapai puluhan watt)

Di Provinsi Kalimantan Utara, tidak banyak terdapat industri-industri penghasil sampah yang dapat dimanfaatkan untuk dijadikan gas biomass, industri kelapa sawit juga secara umum akan langsung memanfaatkan limbahnya untuk keperluan pabrik atau perusahaan, di sisi lain, peternakan hewan yang kotorannya dapat dijadikan gas biomass pun sangat jarang ditemukan di Provinsi Kalimantan Utara. Maka dari itu, tidak dilakukan kajian lebih lanjut mengenai potensi energi biomass di Provinsi Kalimantan Utara secara lebih detail.

2.1.5 Energi Panas Bumi

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) atau tenaga *geothermal* menggunakan sumur dengan kedalaman sampai 1.5 kilometer atau lebih untuk mencapai cadangan panas bumi yang sangat panas. Beberapa pembangkit listrik ini menggunakan panas dari cadangan untuk dialirkan guna menggerakkan turbin. Yang lainnya memompa air panas bertekanan tinggi ke dalam tangki bertekanan rendah. Hal ini menyebabkan kilatan panas yang digunakan untuk menjalankan generator turbin. PLTPB paling baru menggunakan air panas dari tanah untuk memanaskan cairan lain, seperti isobutene, yang dipanaskan pada temperatur rendah yang lebih rendah dari air. Ketika cairan ini menguap dan mengembang, maka cairan ini akan menggerakkan turbin generator. Pembangkit listrik tenaga Panas Bumi hampir tidak menimbulkan polusi atau emisi gas rumah kaca. Tenaga ini juga tidak berisik dan dapat diandalkan. Pembangkit listrik tenaga *geothermal* menghasilkan listrik sekitar 90%, dibandingkan 65-75% pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Berikut ini merupakan salah satu contoh pembangunan PLTPB.



Gambar 2. 6 Contoh Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) di Indonesia (<http://m.energitoday.com/>).

Namun, bahkan di banyak negara dengan cadangan panas bumi melimpah seperti Indonesia yang memiliki 40 % cadangan panas bumi dunia, sumber energi terbarukan yang telah terbukti bersih ini tidak dimanfaatkan secara besar-besaran. Hal ini disebabkan oleh inisiasi atau pembangunan awal yang sulit, ditambah dengan proses pemeliharaan dan operasional yang juga harus benar-benar tersistem dengan baik. Berikut ini merupakan kelebihan dan kekurangan dari PLTPB.

Tabel 2. 5 Kelebihan dan Kekurangan PLTPB.

Kelebihan	Kekurangan
Hemat ruang dan pengaruh dampak visual yang minim	Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi panas bumi dapat mengganggu daerah konservasi Kemungkinan terjadi pencemaran air tanah oleh kontaminasi fluida panas bumi
Mampu produksi secara terus-menerus (24 jam)	
Tidak membutuhkan tempat penyimpanan (<i>storage</i>) energi	
Tingkat ketersediaan (<i>availability</i>) tinggi mencapai 95%	

Tenaga panas bumi di Indonesia relatif sulit untuk dikembangkan karena pembangunannya yang cukup sulit dan memerlukan sumber daya manusia (pekerja) yang memadai dari segi jumlah dan kemampuannya. Dari penelitian ini, sumber daya listrik energi alternatif akan ditujukan untuk masyarakat yang belum teraliri listrik di desa-desa atau kecamatan yang masih belum berkembang, sehingga dari segi sumber daya manusia tentu akan menjadi hambatan dalam

perencanaannya. Maka dari itu, tidak dilakukan kajian lebih lanjut mengenai potensi energi panas bumi di Provinsi Kalimantan Utara secara lebih detail.

2.1.6 Energi Pasang Surut

Sedangkan energi pasang surut (*Tidal Energy*) merupakan EBT yang prinsip kerjanya hamper sama dengan pembangkit listrik tenaga air, dimana air dimanfaatkan untuk memutar turbin dan menghasilkan energi listrik. Energi pasang surut ini diperoleh dari pemanfaatan variasi permukaan laut terutama disebabkan oleh efek gravitasi bulan, dikombinasikan dengan rotasi bumi dengan menangkap energi yang terkandung dalam perpindahan massa air akibat pasang surut. Kelebihan dari Pembangkit Listrik Pasang Surut (PLTPs) selain efisiensi dalam hal prediksi keadaan pasang surut, juga tidak menghasilkan dampak dan limbah berbahaya seperti yang dikhawatirkan dalam pembangkit energi nuklir. Waduk atau bendungan yang dibangun untuk pembangkit pasang surut dapat berperan ganda, selain untuk menampung air yang digunakan memutar turbin juga dapat berfungsi melindungi pulau dari gelombang laut yang besar. Efisiensi dari pembangkit listrik pasang surut sangat sebesar dengan efisiensi 80% yang tentunya sangat besar bahkan hampir tiga kali lebih besar dibandingkan dengan efisiensi dari pembangkit batu bara dan minyak bumi yang memiliki efisiensi hanya 30% saja. Pembangkit pasang surut juga mampu menghasilkan listrik sebesar 500 sampai 1000 MW.



Gambar 2. 7 Contoh Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut (PLTPS) di Indonesia.

Namun dibalik kelebihan itu pembangkit pasang surut juga memiliki kekurangan yaitu pembangkit pasang surut sangat mahal dibangun karena lokasi pembangunan yang agak sulit serta turbin yang dibutuhkan juga harus mampu tahan terhadap tingkat korosi yang tinggi. Meskipun dalam pembangunannya yang mahal, namun pembangkit pasang surut hanya dibangun sekali dan dengan biaya perawatan yang relatif rendah (Gunawan,2013). Untuk lebih jelasnya, berikut ini merupakan kelebihan dan kekurangan dari PLTPS.

Tabel 2. 6 Kelebihan dan Kekurangan PLTPS.

Kelebihan	Kekurangan
Produksi listrik stabil karena pasang surut air laut dapat diprediksi	Biaya pembuatan dam yang menutupi muara sungai sangat mahal
Setelah dibangun, energi pasang surut dapat diperoleh secara gratis	Dapat merusak ekosistem pantai
Tidak membutuhkan bahan bakar	Hanya dapat mensuplai energi 10 jam setiap harinya ketika ombak bergerak masuk/keluar
Turbin lepas pantai memiliki biaya instalasi rendah	

Di Provinsi Kalimantan Utara, telah dilakukan kajian oleh PT PLN Rayon Kota Tarakan tentang potensi pasang surut laut untuk pemanfaatannya sebagai sumber energi listrik. Selain biaya inisiasi pembangunan yang sangat mahal dan teknis yang relatif rumit, yaitu menampung air laut sepanjang garis pantai dengan pertimbangan sosial dan demografis. Hal ini disebabkan banyak masyarakat di Provinsi Kalimantan Utara yang berdomisili di tepi pantai, sehingga hal tersebut akan menghambat adanya upaya penyediaan listrik dengan pemanfaatan pasang surut air laut. Maka dari itu, tidak dilakukan kajian lebih lanjut mengenai potensi energi pasang surut laut di Provinsi Kalimantan Utara secara lebih detail.

2.2 Kondisi Energi dan Kelistrikan di Indonesia Secara Umum

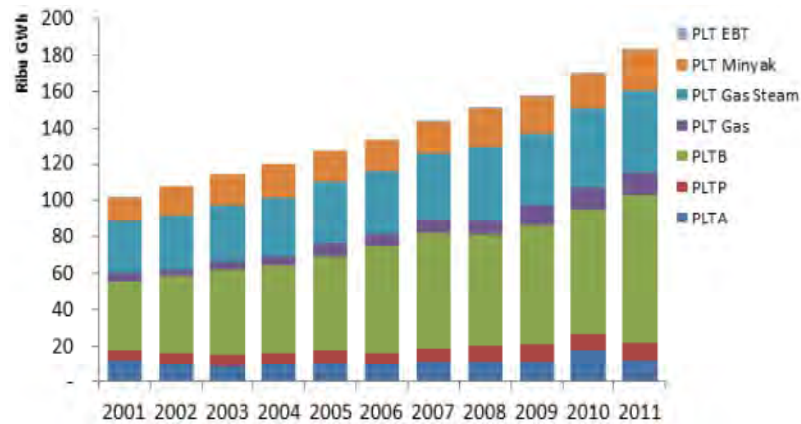
Terdapat beberapa masalah energi yang dihadapi oleh Indonesia, diantaranya adalah: subsidi energi semakin meningkat hingga mencapai Rp 255,6 triliun pada tahun 2011; jumlah masyarakat yang belum mendapatkan akses terhadap listrik masih sejumlah 87,69 juta penduduk; serta keterbatasan

infrastruktur domestik yang menjadi tantangan dan permasalahan dalam memenuhi kebutuhan energi domestik. Ketergantungan terhadap minyak di Indonesia masih sangat dominan yaitu mencapai 49.7% sementara pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) masih sekitar 6%. Pembangunan yang masih terkonsentrasi di Pulau Jawa juga menjadi masalah dalam penyediaan energi terutama listrik, mengingat sebagian besar sumber daya energi justru berada di luar pulau Jawa. Akibatnya, pusat-pusat beban di luar Jawa masih relatif kecil dan cenderung memiliki kurva beban yang sangat berbeda antara beban dasar dan beban puncak. Ditambah dengan belum terkoneksi jaringan transmisi di beberapa pulau di luar pulau Jawa, mengakibatkan ketersediaan pembangkit listrik skala besar di luar Jawa sulit untuk dimungkinkan sehingga menyebabkan penggunaan PLTD masih sangat diperlukan. Dalam implementasi program pengembangan EBT masih banyak kendala antara lain: harga jual EBT yang masih belum dapat bersaing dengan harga BBM karena masih disubsidinya harga BBM. Sektor transportasi mengalami kendala dalam penyediaan sarana berupa angkutan umum yang bersifat massal, maupun prasarana berupa jalan dan sistem pendukungnya, khususnya pada transportasi darat belum dapat berfungsi secara optimal sehingga memunculkan langkah alternatif antara lain dengan penggunaan kendaraan pribadi, baik mobil atau sepeda motor maupun angkutan umum antar wilayah yaitu *speedboat*. Konsumsi energi di sektor rumah tangga masih banyak menggunakan biomassa dalam bentuk kayu bakar. Dengan peningkatan jumlah wilayah perkotaan yang disebabkan oleh adanya urbanisasi serta perubahan status dari wilayah desa menjadi kota, maka akan terjadi perubahan pola penggunaan energi di masa depan dari kayu bakar dan minyak tanah ke jenis energi komersial yang lebih bersih, seperti LPG dan gas kota.

Walaupun secara umum regulasi yang ada sudah baik, kondisi ini masih belum mampu mendorong investor untuk mengusahakan pembangkitan listrik tenaga energi terbarukan, karena pada wilayah tertentu harga beli PLN masih belum mencapai nilai ekonomis pembangkit energi baru dan terbarukan. Pada saat ini sudah diterbitkan beberapa regulasi untuk penentuan *feed-in tariff* (FIT) yang diharapkan akan dapat mendorong pemanfaatan energi baru dan terbarukan sebagai sumber energi untuk pembangkitan tenaga listrik. Penggunaan teknologi

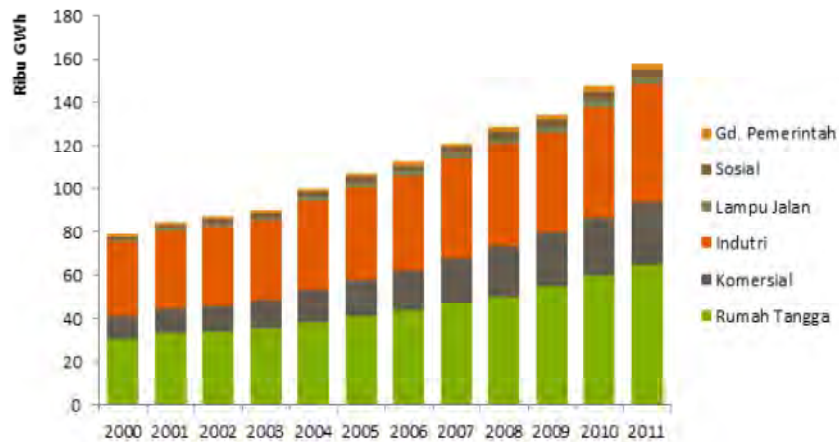
pembangkit dari energi baru terbarukan skala kecil lebih cocok untuk dikembangkan di wilayah atau pulau-pulau terpencil.

Dalam rangka mengatasi krisis kelistrikan yang terjadi di beberapa daerah, pemerintah telah mengeluarkan program percepatan pembangunan pembangkit. Pada tahun 2006 pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden No. 71 tahun 2006 untuk program percepatan pembangkit 10.000 MW atau dikenal sebagai *fast track program (phase I)* dengan bahan bakar batubara untuk memperbaiki bauran bahan bakar. Pendanaan sebagian dari proyek ini dilakukan oleh swasta sebagai Independent Power Producer (IPP). Program ini dilanjutkan dengan phase II sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 4 Tahun 2010 dengan menambah lagi sebesar 10.000 MW serta melakukan perbaikan bauran bahan bakar fosil ke energi mikrohidro dan panas bumi sehingga bisa mengurangi subsidi. PLTPS mendapat porsi yang terbesar dalam pengembangan phase II ini. Pada sektor perminyakan, kilang minyak yang ada di Indonesia saat ini sudah tidak mampu lagi memenuhi permintaan BBM dalam negeri yang selalu meningkat cukup tinggi dari tahun ke tahun. Bahkan beberapa kilang sudah berumur cukup tua sehingga sering mengalami gangguan yang mengganggu pasokan BBM domestik. Konsumsi energi final Indonesia lainnya juga terus mengalami kenaikan seiring dengan semakin meningkatnya kegiatan ekonomi di semua sektor baik industri, transportasi, rumah tangga dan komersial. Dengan kenaikan rata-rata 4.7,% per tahun (3.4% per tahun tanpa biomassa), konsumsi energi final Indonesia pada tahun 2011 mencapai 1.116,1 juta SBM. Bahan bakar minyak masih mendominasi konsumsi energi final Indonesia hingga tahun 2011 dengan pangsa 32.7% (47.7% tanpa biomassa), diikuti oleh biomassa 25.1%, batubara 13%, gas bumi 10.8%, listrik 8.8%, dan sisanya disumbang oleh LPG, produk BBM lainnya, dan briket. Dilihat menurut sektor pengguna, telah terjadi pergeseran pangsa konsumsi energi final pada beberapa sektor seperti sektor rumah tangga, industri dan transportasi. Pangsa sektor rumah tangga yang pada tahun 2001 mencapai 38%, turun menjadi 30% pada tahun 2011 (dengan biomassa). Sebaliknya sektor industri dan transportasi naik menjadi 33% dan 23% pada tahun yang sama dari 32% dan 18% pada tahun 2001.



Gambar 2. 8 Produksi Energi Listrik Menurut Jenis Bahan Bakar Pembangkit di Indonesia (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) RI, 2012).

Hingga saat ini sumber energi di sektor kelistrikan masih didominasi oleh batubara, gas dan minyak bumi sebagai bahan bakar pembangkit listrik, baik yang dimiliki PLN maupun swasta atau IPP (*Independent Power Producer*). Peranan energi terbarukan hanya terbatas pada panas bumi dan tenaga air, sedangkan pemakaian energi surya, angin dan biomassa masih sangat kecil. Total energi listrik yang dibangkitkan oleh energi alternatif tersebut pada tahun 2011 adalah 21,8 TWh atau sekitar 12% dari total listrik yang dipasok sebesar 183,2 TWh. Pembangkit listrik berbahan bakar batubara, gas dan BBM menjadi tumpuan PLN dalam memproduksi listrik. Ketiganya menyumbang 80% dari total listrik yang dibangkitkan. Sisanya disumbang oleh pembangkit terbarukan dan sewa atau beli. Pemanfaatan energi terbarukan seperti panas bumi, surya, angin dan biomassa masih terbatas pada pembangkit listrik. Dibutuhkan komitmen pemerintah untuk segera meningkatkan pangsa penggunaan energi terbarukan dalam bentuk perumusan kebijakan dan regulasi yang tepat. Kebijakan *feed in tariff* merupakan hal yang sudah diterapkan di berbagai negara untuk mempromosikan energi terbarukan atau alternatif.



Gambar 2. 9 Penjualan Listrik PLN Menurut Kelompok Pelanggan di Indonesia (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) RI, 2012).

Dari sisi pelanggan listrik, rasio elektrifikasi Indonesia baru mencapai sekitar 72.95% pada tahun 2011. Dengan adanya program percepatan pembangkit listrik 10.000 MW tahap I dan II diharapkan rasio kelistrikan di Indonesia bisa ditingkatkan hingga 100% pada tahun 2020. Realisasi penjualan tenaga listrik PLN pada tahun 2011 adalah 157.99 TWh atau tumbuh rata-rata 6.5% selama sepuluh tahun terakhir. Sektor rumah tangga, industri dan komersial masih merupakan pelanggan utama dengan pangsa sekitar 94% dari total penjualan listrik pada tahun 2011. Perbandingan antara pembangkit listrik terpasang di Indonesia dengan menggunakan energi fosil dan energi terbarukan (EBT) disajikan pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Persentase Penggunaan EBT Pembangkit Listrik di Indonesia Tahun 2012 (DITJEN MIGAS, 2012).

Tahun	PLTA	PLTP	PLTU Batu Bara	PLTU Minyak	PLTU Gas	PLTU Biomas	PLTG	PLTGU	PLTD	PLTS	PLT Angin
2005	10724,7	6603,7	51792,6	8180,1	838	22	6039,1	34210,5	8959,18	-	-
2006	9622,6	6678,3	58630,2	8574,7	830	32	5031,2	34520,4	9209,22	-	-
2007	11286,6	7021,4	63817	9178,7	1152	36	5148,3	35634,3	9166,31	-	0,02
2008	11528,2	8309	61817	10185,8	946	47	6607,3	40662,4	10745,5	0,37	-
2009	11383,8	9295,2	65889,9	9031	798	63	9833,9	39650,8	10848,5	0,1	-
2010	17456,2	9356,9	68445,4	6712,3	1108	93	10393	43815,2	12327,7	0,52	0,03
2011	12418,9	9371,4	80910	6382,6	1157	198	11045	45207,7	16584,4	0,77	-
Rata-rata	12060,2	8088	64424	8320,8	975,57	70,14	7728,4	39100,2	11120,2	0,44	0,03
Persentase	7,9%	5,3%	42,4%	5,5%	0,6%	0,0%	5,1%	25,7%	7,3%	0,0%	0,0%

Berdasarkan Tabel 2.7, terlihat bahwa persentase pemanfaatan energi terbarukan (EBT) dibandingkan dengan energi fosil di Indonesia masih sangat minim, yaitu PLTA sebesar 7.9%, PLTU Biomassa dan PLTS tidak mencapai 0.1%, serta PLT Angin yang juga belum mencapai 0.01%. Melihat dari potensi EBT yang melimpah ruah, terutama energi air atau mikrohidro di Indonesia sebagai negara maritim yang perairannya mencapai 70%, maka sangat perlu adanya pembangunan pembangkit listrik tenaga energi baru terbarukan (EBT) di Indonesia.

2.3 Kabupaten Nunukan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kondisi Kabupaten Nunukan secara umum yang meliputi geografis, lingkungan dan demografis, serta kondisi kelistrikan Kabupaten Nunukan.

2.3.1 Kondisi Umum Kabupaten Nunukan

Kabupaten Nunukan terletak antara 115°33' sampai dengan 118°3' Bujur Timur dan 3°15'00" sampai dengan 4°24'55" Lintang Utara, yang merupakan wilayah paling utara dari Provinsi Kalimantan Utara. Posisinya yang berada di daerah perbatasan Indonesia-Malaysia menjadikan Kabupaten Nunukan sebagai daerah yang strategis dalam peta lalu lintas antar negara. Wilayah Kabupaten Nunukan di sebelah Utara berbatasan langsung dengan Negara Malaysia Timur-

Sabah, sebelah Timur dengan Laut Sulawesi, sebelah Selatan dengan Kabupaten Bulungan dan Kabupaten Malinau, serta sebelah Barat berbatasan langsung dengan Negara Malaysia Timur (Serawak). Kabupaten yang berdiri pada tahun 1999 ini merupakan hasil pemekaran Kabupaten Bulungan dengan luas wilayah sebesar 14.247,50 km².

Secara administratif, Kabupaten Nunukan terbagi atas 15 kecamatan dan terdiri dari 240 desa. Kecamatan Lumbis Ogong merupakan kecamatan dengan wilayah terluas, yaitu 3.357,01 km² atau sekitar 23,56 % dari luas Kabupaten Nunukan. Selain itu, kecamatan ini juga memiliki jumlah desa terbanyak dibandingkan kecamatan lainnya, yaitu sebanyak 49 desa. Sedangkan kecamatan dengan luas wilayah terkecil adalah Kecamatan Sebatik Utara, yaitu 15,39 km² atau sekitar 0,11% dari luas Kabupaten Nunukan. Kecamatan Nunukan yang juga merupakan ibukota kabupaten memiliki luas wilayah 564,50 km² atau sekitar 3,96% dari luas wilayah Kabupaten Nunukan. Tabel 2.8 menunjukkan nama-nama kecamatan di Kabupaten Nunukan beserta luas wilayahnya masing-masing.

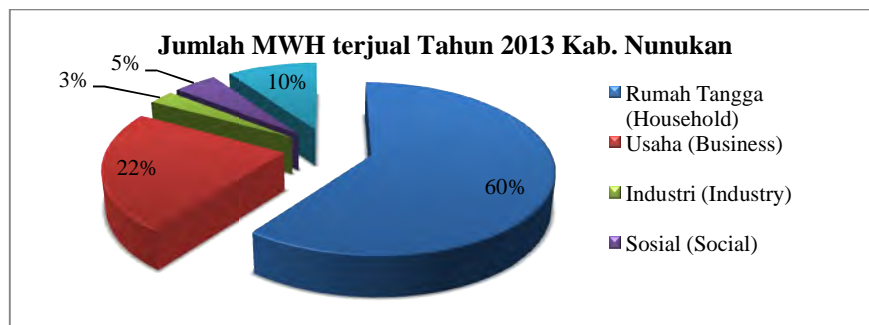
Tabel 2. 8 Daftar Nama Kecamatan dan Luas Wilayah Kabupaten Nunukan (Bappeda Kabupaten Nunukan, 2013).

Nama Kecamatan	Luas Wilayah Area (km2)
Krayan	1834.74
Krayan Selatan	1757.66
Lumbis	290.23
Lumbis Ogong	3357.01
Sembakung	2042.66
Nunukan	564.5
Sei Menggaris	850.48
Nunukan Selatan	181.77
Sebuku	1608.48
Tulin Onsoi	1513.36
Sebatik	51.07
Sebatik Timur	39.17
Sebatik Tengah	47.71
Sebatik Utara	15.39
Sebatik Barat	93.27
Jumlah / Total	14247.5

2.3.2 Kondisi Kelistrikan Kabupaten Nunukan

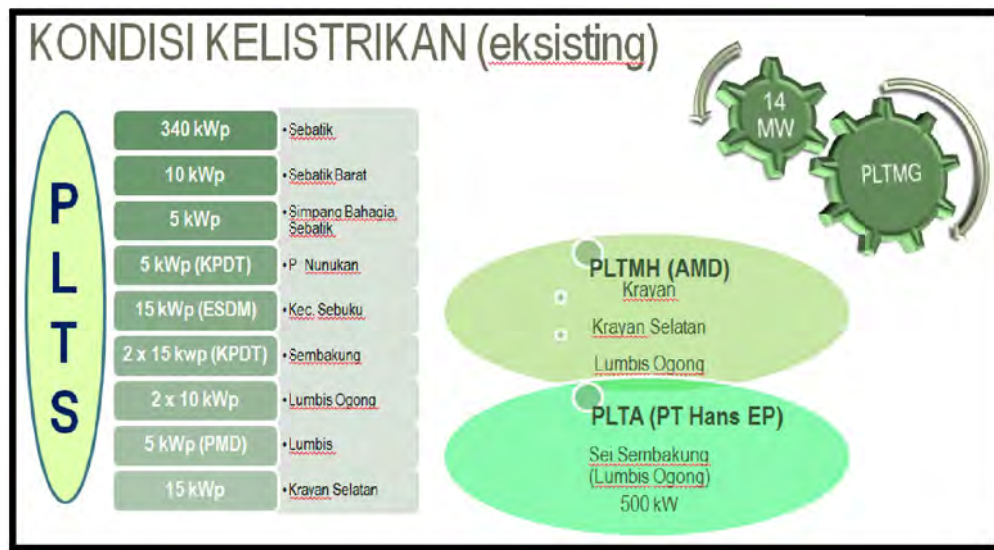
Produksi tenaga listrik Kabupaten Nunukan mengalami peningkatan pada tahun 2012. Peningkatan ini diiringi dengan meningkatnya tenaga listrik yang terjual, yaitu sebesar 46.817 MWH, atau terjadi peningkatan sebesar 12,17% dari tahun sebelumnya.

Untuk penggunaan dari listrik yang diproduksi di tahun 2013 sebagian besar digunakan oleh rumah tangga, yaitu sebesar 25.187 MWH, diikuti kegiatan usaha sebesar 9.431 MWH. Sedangkan untuk kepentingan publik, industri dan sosial masing-masing sebesar 4.602, 1.124 dan 1.931 MWH. Prosentase penggunaan listrik di Kabupaten Nunukan menurut jumlah listrik terjual (MWH) disajikan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Jumlah MWH Terjual Tahun 2013 di Kabupaten Nunukan.

Di Kabupaten Nunukan, sebagian besar daya pembangkit listrik yang telah terpasang berasal dari sumber energi fosil yaitu mesin gas, dengan daya total sebesar 14 MW. Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang telah terpasang sebesar 445 kWp (kilowatt peak). Terdapat pula Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan daya sebesar 500 kW. Berikut ini adalah gambaran mengenai kondisi kelistrikan berdasarkan pembangkit listrik terpasang (eksisting) hingga saat ini.



Gambar 2. 11 Jenis dan Jumlah Pembangkit Listrik Terpasang di Kabupaten Nunukan (Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Nunukan, 2014).

2.4 Kabupaten Malinau

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kondisi Kabupaten Malinau secara umum yang meliputi geografis, lingkungan dan demografis, serta kondisi kelistrikan Kabupaten Malinau.

2.4.1 Kondisi Umum Kabupaten Malinau

Kabupaten Malinau terletak 114°35'22" sampai dengan 116°50'55" Bujur Timur dan 1°21'36" sampai dengan 4°10'55" Lintang Utara. Seluruh wilayah Kabupaten Malinau merupakan daratan dengan luas sebesar 39.766,33 km², sehingga menjadikan Kabupaten ini sebagai kabupaten terluas di Provinsi Kalimantan Utara. Secara administrasi, Kabupaten Malinau merupakan salah satu daerah hasil pemekaran wilayah Kabupaten Bulungan berdasarkan Undang-Undang Nomor 47 Tahun 1999, dimana wilayahnya terletak di bagian utara Provinsi Kalimantan Utara. Sama seperti Kabupaten Nunukan, Kabupaten Malinau merupakan wilayah yang juga berbatasan langsung dengan Negara Malaysia Timur (Serawak) di sebelah barat. Batas-batas wilayahnya yang lain

yaitu sebelah utara dengan Kabupaten Nunukan, sebelah timur dengan Kabupaten Tana Tidung dan Bulungan, dan sebelah selatan dengan Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. Berikut ini merupakan nama-nama Kecamatan di Kabupaten Malinau beserta jumlah desa dan luas wilayahnya masing-masing.

2.4.2 Kondisi Kelistrikan Kabupaten Malinau

Permintaan pasokan listrik di Kabupaten Malinau terus mengalami peningkatan yang terlihat dari adanya penambahan pelanggan setiap tahunnya. Hal tersebut mengakibatkan produksi listrik juga meningkat untuk tetap dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Selama tahun 2012, banyaknya energi listrik yang diproduksi sebanyak 29.680 Mwh dengan jumlah pelanggan sebanyak 7.814 pelanggan. Berikut ini merupakan data jumlah pelanggan listrik di Kabupaten Malinau beserta jumlah listrik terjual (Kwh) untuk masing-masing sektor pelanggan listrik (kelompok tarif), yaitu kelompok sosial, rumah tangga, bisnis, industri dan perkantoran (publik). Selain itu juga terdapat data mengenai listrik untuk Penerangan Jalan Umum (PJU).

Tabel 2. 9 Daftar Kecamatan dan Luas Wilayah di Kabupaten Malinau (Bappeda Kabupaten Malinau, 2013)

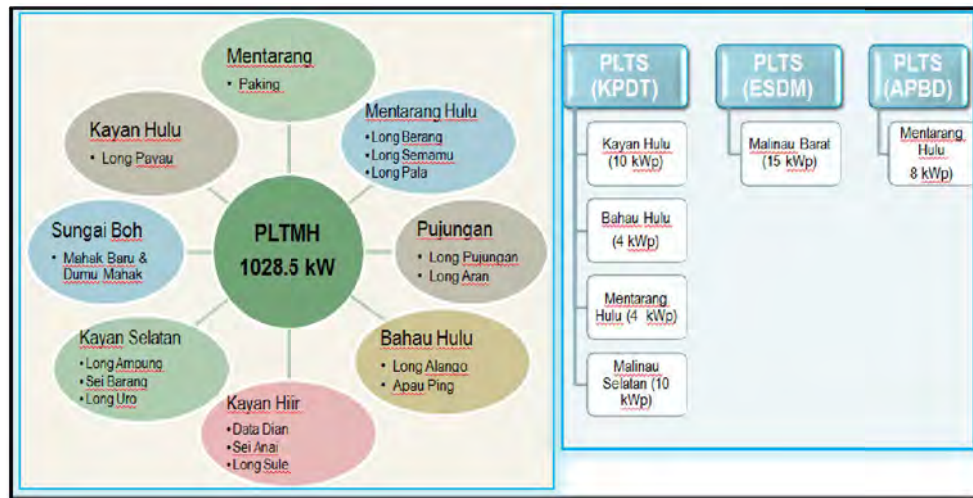
Kecamatan	Jumlah Desa	Luas Wilayah (km ²)	Luas (%)
Mentarang	14	2883.82	7.25
Malinau Kota	6	122.92	0.31
Pujungan	9	6762.92	17.01
Kayan Hilir	5	11876.64	29.87
Kayan Hulu	5	651.67	1.64
Malinau Selatan	25	3733.81	9.39
Malinau Utara	12	776.36	1.95
Malinau Barat	9	754.43	1.90
Sungai Boh	6	3234.59	8.13
Kayan Selatan	5	3223.81	8.11
Bahau Hulu	6	2872.99	7.22
Mentarang Hulu	7	2872.36	7.22
Malinau Selatan Hilir		*)	
Malinau Selatan Hulu		*)	
Sungai Tubu		*)	
Jumlah	109	39766.33	100
*) Masih bergabung dengan Kecamatan Induk			

Dengan rasio elektrifikasi rata-rata Kabupaten Malinau hingga 64,97%, dapat ditunjukkan bahwa masih banyak masyarakat yang belum teraliri listrik. Sehingga adanya pembangunan pembangkit listrik khususnya di daerah pedesaan sangat diperlukan. Angka rasio elektrifikasi tersebut didapatkan melalui prosentase jumlah Kepala Keluarga (KK) yang telah teraliri listrik. Tabel 2.11 menunjukkan mengenai jumlah KK yang telah berlistrik dan belum berlistrik di Kabupaten Malinau.

Tabel 2. 10 Data Jumlah Pelanggan dan Kwh Terjual Kabupaten Malinau Tahun 2013 (Bappeda Kabupaten Malinau, 2013).

Kelompok Tarif	Jumlah Pelanggan	VA Tersambung	Kwh Terjual	Rata - Rata tarif per Kwh
Sosial				
S-1	147	1323	178	7400 (Abodemen)
S-2	208	630650	742356	626.29
S-3	1	240000	837600	658.74
Rumah Tangga				
R-1	6555	6805950	15487632	656.17
R-2	90	365900	727590	889.33
R-3	11	171100	250165	1196
Bisnis				
B-1	599	1185000	2724908	841.9
B-2	60	1087400	1255307	1189
B-3				
B-4				
Industri				
I-1				
I-2	4	230000	1047518	858.27
I-3				
Perkantoran				
P-1	104	984300	1555503	112
P-2	2	1210000	1795600	798.16
P-3 (PJU)	33	536400	1244643	819.99
Total	7814	13448023	27669000	

Di Kabupaten Malinau, banyak terdapat sungai-sungai besar yang berpotensi sebagai sumber energi untuk membangun PLTMH. Terdapat beberapa pembangunan pembangkit listrik tenaga EBT di Kabupaten Malinau antara lain PLTMH dan PLTS. Berikut ini adalah gambaran mengenai kondisi kelistrikan berdasarkan pembangkit listrik EBT terpasang (eksisting) di Kabupaten Malinau hingga saat ini.



Gambar 2.12 Jenis dan Jumlah Pembangkit Listrik Terpasang di Kabupaten Malinau (Distamben Kabupaten Malinau, 2014).

Tabel 2. 11 Jumlah KK Berlistrik dan Belum Berlistrik Kabupaten Malinau (Distamben Kabupaten Malinau, 2014).

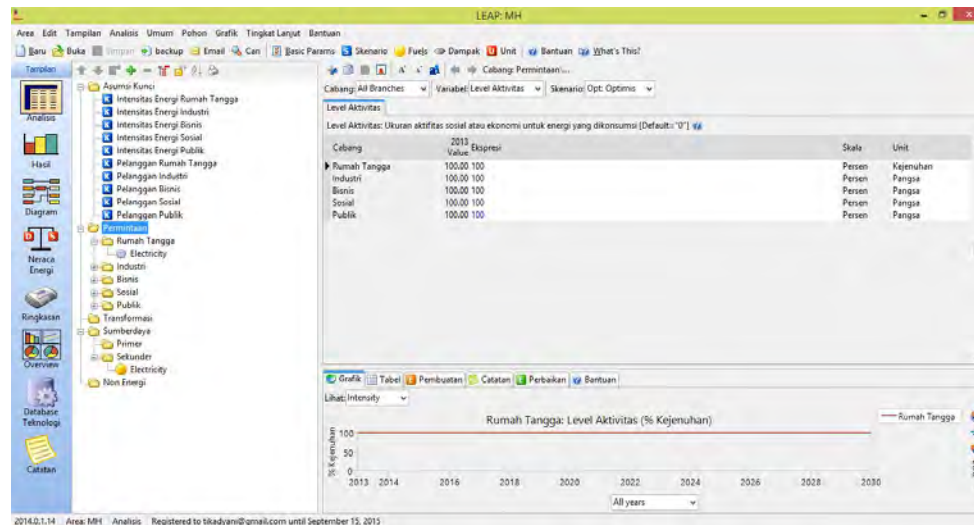
Kecamatan	Jumlah KK	Konsumen Berlistrik			Jumlah KK Belum Berlistrik
		PLN	Non PLN	Jumlah	
Malinau Kota	6882	5388	0	5388	1494
Malinau Utara	3310	2286	0	2286	1024
Malinau Barat	2747	2162	81	2243	504
Malinau Selatan	874	0	484	484	480
Mentarang	1292	777	205	982	310
Mentarang Hulu	268	0	123	123	145
Pujungan	493	0	181	181	312
Kayan Hilir	385	0	96	96	289
Kayan Hulu	777	0	53	53	375
Kayan Selatan	514	0	287	287	227
Sungai Boh	597	0	64	64	533
Bahau Hulu	335	0	255	255	80
Malinau Selatan Hilir	757	200	42	242	515
Malinau Selatan Hulu	589	0	50	50	539
Sungai Tubu	177	0	0	0	177
TOTAL	19997	10813	1921	12734	7004

2.5 *Software Long-Range Energy Alternatives Planning (LEAP)*

Long-Range Energy Alternatives Planning (LEAP) adalah alat pemodelan dengan skenario terpadu yang komprehensif berbasis pada lingkungan dan energi (Sukhono, 2010). LEAP adalah suatu *software* komputer yang dapat digunakan untuk melakukan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. LEAP dikembangkan oleh Stockholm Environment Institute, yang berkantor pusat di Boston, Amerika Serikat. Versi pertama LEAP diluncurkan tahun 1981. Mulai LEAP 2000, *software* LEAP telah berbasis window. LEAP mampu membuat skenario untuk menemukan berapa konsumsi energi yang dipakai, dikonversi dan diproduksi dalam suatu sistem energi dengan berbagai alternatif asumsi kependudukan, pembangunan ekonomi, teknologi, harga dan sebagainya. Hal ini memudahkan pengguna LEAP dalam memperoleh kaitan antar aspek ketenagalistrikan yang diteliti. Misalnya dengan mengetahui kondisi ekonomi yang ditunjukkan dengan data Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB), maka dapat ditemukan berapa jumlah kebutuhan akan energi listrik pada suatu daerah. Metodologi pemodelan dalam LEAP adalah proses *accounting*. Permintaan energi atau pemasokan energi dalam metode akunting ini dihitung dengan menjumlahkan pemakaian dan pemasokan energi masing-masing jenis kegiatan. Dalam *software* LEAP, disediakan empat modul utama dan tiga modul tambahan. Modul utama adalah modul-modul standar yang umum digunakan dalam pemodelan energi, yaitu modul Key Assumptions, Demand, Transformation, dan Resources. Modul tambahan adalah pelengkap terhadap modul utama jika diperlukan, yaitu: Statistical Differences, Stock Changes, dan Non Energy Sector Effects.

Dengan menggunakan LEAP, pengguna dapat melakukan analisa secara cepat dari sebuah ide kebijakan energi ke sebuah analisa hasil dari kebijakan tersebut, hal ini dikarenakan LEAP mampu berfungsi sebagai *database*, sebagai sebuah alat peramal (*forecasting tool*) dan sebagai alat analisa terhadap kebijakan energi. Dalam fungsinya sebagai sebuah *database*, LEAP menyediakan informasi energi yang lengkap. Sebagai sebuah alat peramal, LEAP mampu membuat proyeksi permintaan dan penyediaan energi dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan keinginan pengguna. Sebagai alat analisa terhadap kebijakan energi,

LEAP memberikan pandangan hasil atas efek dari ide kebijakan energi yang akan diterapkan dari sudut pandang penyediaan dan permintaan energi, ekonomi, dan lingkungan. Tampilan dari *software* LEAP disajikan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Tampilan dari Software LEAP.

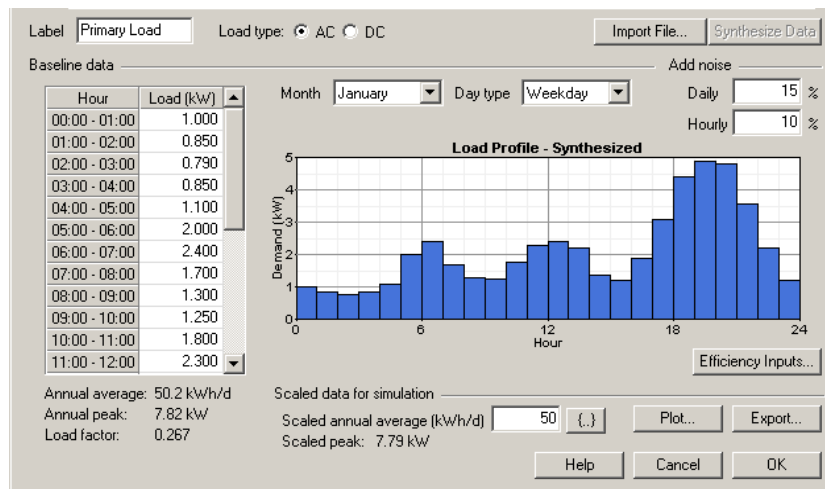
LEAP bukan hanya merupakan sebuah alat hitung atau fasilitas pengolahan data yang digunakan untuk proses analisis, tetapi juga dapat menyesuaikan keinginan pengguna dengan menentukan model perhitungan lain berbasis ekonometri. Sebagai contoh, pengguna dapat membuat *top-down* proyeksi permintaan energi di satu sektor yang didasarkan pada beberapa indikator makroekonomi (seperti harga dan PDRB), sekaligus menciptakan dengan rinci perkiraan *bottom-up* berdasarkan analisis pengguna akhir (*end-use*) di sektor lain. LEAP mendukung untuk proyeksi permintaan energi akhir maupun permintaan pada energi yang sedang digunakan secara detail termasuk cadangan energi, transportasi, dan lain sebagainya. Pada sisi penawaran, LEAP mendukung berbagai metode simulasi untuk pemodelan baik perluasan kapasitas maupun proses pengiriman dari pembangkit. Di dalam LEAP terdapat database Teknologi dan Lingkungan Database (TED) berisi data mengenai biaya, kinerja dan faktor emisi lebih dari 1000 teknologi energi. LEAP dapat digunakan untuk menghitung profil emisi dan juga dapat digunakan untuk membuat skenario emisi dari sektor

non- energi (misalnya dari produksi semen, perubahan penggunaan lahan, limbah padat, dan lain sebagainya).

2.6 *Software* HOMER Energy

Software Hybrid Optimization Model for Energy Renewable (HOMER) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu pemodelan dari sebuah sistem tenaga listrik dengan menggunakan berbagai pilihan sumber daya terbarukan. Dengan menggunakan HOMER, dapat diketahui spesifikasi paling optimal dari beberapa sumber energi yang kemungkinan akan diterapkan sebagai pembangkit listrik. Dalam *software* HOMER, harus dimasukkan beberapa data untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, misalnya data *load*/beban, data sumber daya matahari, sumber daya angin (dari daerah dimana akan dibangun pembangkit), data ekonomi, data *constraints*, *system control inputs*, data emisi dan data harga solar. Namun, dalam pelaksanaan penelitian ini, *software* HOMER difokuskan untuk mencari potensi tenaga surya di suatu wilayah. Sehingga data yang harus dimasukkan berupa titik-titik koordinat daerah yang ditargetkan akan dilakukan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

Setelah memasukkan data titik koordinat berupa latitude dan longitude dari suatu daerah target, maka akan dikalkulasi berapa jumlah radiasi matahari yang dihasilkan di daerah tersebut dalam satuan Kwh/m^2 . Data radiasi matahari tersebut didapatkan langsung dari pusat di National Aeronautics and Space Administration (NASA), bidang Surface Meteorology and Solar Energy. Data potensi energi surya tersebut dihitung pula setiap bulannya mulai dari bulan Januari hingga Bulan Desember, tersedia pula dalam bentuk grafik. Dengan melihat data radiasi matahari rata-rata, maka dapat dilakukan perhitungan potensi daya energi surya yang dihasilkan oleh daerah tersebut untuk dijadikan potensi daya pasang dan daya mampu dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Berikut ini adalah tampilan dari *software* HOMER Energy.



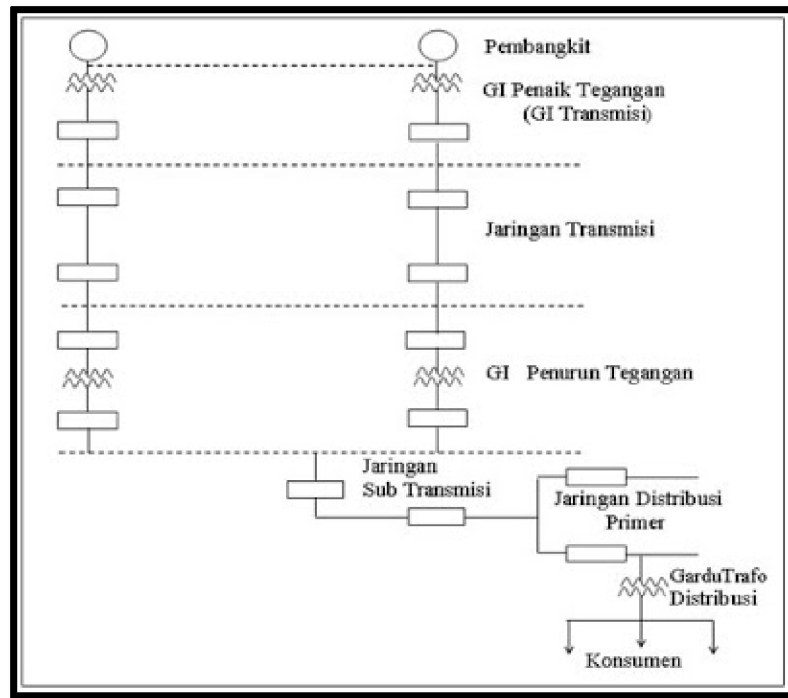
Gambar 2. 14 Tampilan Software HOMER Energy (<http://en.openei.org>).

2.7 Sistem Transmisi Tenaga Listrik

Dalam konteks pembahasan mengenai alur penyuplaian tenaga listrik, yang dimaksud dengan sistem transmisi tenaga listrik adalah penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit hingga mencapai suatu sistem yang membutuhkan tenaga listrik (pusat beban), maksud proses dan cara menyalurkan energi listrik dari satu tempat ke tempat lainnya, misalnya:

- Dari pembangkit listrik ke gardu induk
- Dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya
- Dari gardu induk ke jaring tegangan menengah dan gardu distribusi.

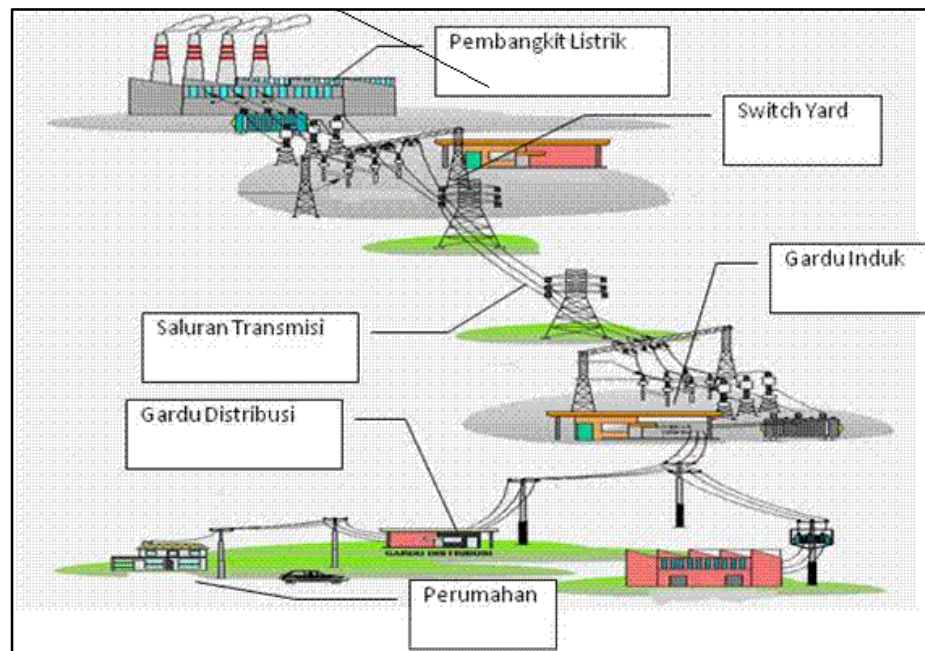
Berikut ini merupakan diagram dasar dari sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik:



Gambar 2. 15 Diagram Dasar Sistem Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik (<http://dunia-listrik.blogspot.com>).

Saluran transmisi akan mengalami kehilangan tenaga (*losses*) karena adanya hambatan listrik selama pendistribusian/suplai tenaga listrik tersebut. Maka untuk mengatasi hal tersebut, tenaga yang akan dikirim dari pusat pembangkit menuju pusat beban harus ditransmisikan dengan tegangan tinggi maupun tegangan ekstra tinggi. Saluran ini disebut dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTET). Sistem distribusi berfungsi mendistribusikan tenaga listrik kepada beberapa jenis konsumen seperti pabrik, industri, perumahan dan sebagainya. Transmisi tenaga dengan tegangan tinggi maupun ekstra tinggi pada saluran transmisi dirubah pada gardu induk menggunakan trafo *up-down* menjadi tegangan menengah atau tegangan distribusi primer yang biasa disebut dengan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Lalu selanjutnya energi listrik tersebut akan diturunkan lagi menjadi tegangan yang dapat dialirkan langsung sesuai dengan kebutuhan konsumen, yang biasanya disebut sebagai Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR). SUTET yang dipasang oleh PLN kebanyakan

mempunyai tegangan sebesar 66 KV (KiloVolt), 150 KV, dan 500 KV. Khusus untuk tegangan 500 KV dalam praktek saat ini disebut sebagai saluran tegangan ekstra tinggi. Sedangkan untuk SUTM yang dipakai oleh PLN adalah sebesar 20 KV, 12 KV dan 6 KV. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah 20 KV. Berikut ini merupakan gambaran umum mengenai sistem transmisi yang digunakan dalam penyaluran tenaga listrik mulai dari hulu hingga hilir sistem produksi.



Gambar 2. 16 Gambaran Umum Sistem Transmisi Tenaga Listrik (<http://dunia-listrik.blogspot.com>).

Berdasarkan pemasangannya saluran transmisi dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

1. Saluran Udara (*Overhead Lines*), yaitu saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang terpasang atau digantung pada isolator antara menara atau tiang transmisi yang kerap terlihat di jalan umum maupun jalanan di suatu daerah.

2. Saluran kabel bawah tanah (*underground cable*), saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang dipendam didalam tanah.
3. Saluran bawah laut, yaitu saluran transmisi listrik yang dibangun di dasar lautan. Biasanya saluran ini digunakan untuk mensuplai daerah-daerah yang berada di luar pulau dimana terpasang adanya pembangkit listrik.

2.8 Aspek Ekonomis Studi Kelayakan

Dalam sebuah pelaksanaan studi kelayakan (*feasibility study*), diperlukan beberapa aspek dalam penentuan kelayakannya. Salah satu aspek yang paling utama adalah ditinjau dari sudut pandang ekonomis sebuah usaha atau proyek, melalui cara analisis biaya/ekonomis. Dalam analisis aspek ekonomis atau *financial* sebuah usaha tersebut, diperlukan beberapa parameter yang harus diukur untuk menentukan kelayakan usaha. Berikut ini merupakan beberapa parameter yang akan dijadikan acuan untuk menentukan kelayakan studi dari tugas akhir ini.

2.3.1 Net Present Value (NPV)

Metode ini dikenal sebagai metode *Present Worth* dan digunakan untuk menentukan apakah suatu rencana mempunyai keuntungan dalam periode analisa, yaitu dengan menentukan *base year market value* dari proyek. *Net Present Value* dari suatu proyek merupakan nilai sekarang (*Present Value*) antara *Benefit* (manfaat) dibandingkan dengan *Cost* (biaya). NPV juga merupakan nilai dari proyek yang bersangkutan yang diperoleh berdasarkan selisih antara *cash flow* yang dihasilkan terhadap investasi yang dikeluarkan. Jika NPV lebih besar ($>$) dari 0 (nol), maka usaha atau proyek tersebut layak (*feasible*) untuk dilaksanakan. Begitu pula saat NPV lebih kecil ($<$) dari 0 (nol), maka usaha atau proyek tersebut tidak layak (*not feasible*) untuk dilaksanakan. Saat nilai NPV sama dengan ($=$) 0 (nol), maka nilai usaha atau proyek tersebut berada dalam keadaan BEP dimana $TR=TC$ dalam bentuk *present value*. Untuk menghitung NPV diperlukan data tentang perkiraan biaya investasi, biaya operasi, dan pemeliharaan serta perkiraan benefit dari proyek yang direncanakan. Pujawan (1995) mengemukakan dalam bukunya yang berjudul *Ekonomi Teknik* bahwa bentuk persamaan secara matematis NPV adalah sebagai berikut:

$$NPV = PVB - PVC \quad (2.1)$$

dengan :

NPV = *Net Present Value*

PVB = *Present Value of Benefit*

PVC = *Present Value of The Cost*

Menurut Riyanto (1995) dalam metode NPV dari sisi investor pertama-tama dihitung nilai sekarang dari arus kas yang diharapkan atas dasar *discount rate* tertentu, kemudian jumlah nilai sekarang dari jumlah investasi (*initial outlay*). Selisih nilai sekarang dari pengeluaran untuk investasi (*initial outlay*) dinamakan nilai bersih sekarang (*Net Present Value*). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{At}{(1+i)^t} - IO \quad (2.2)$$

dengan:

i = *Discount Rate* yang digunakan

At = Arus kas tahunan setelah pajak dalam periode tahunan t

t = Jumlah tahun analisa

IO = Jumlah investasi (*Initial Outlay*)

n = Periode yang terakhir dari arus kas yang diharapkan

2.8.2 Metode *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR (*Internal Rate of Return*) merupakan tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV sama dengan nol. Jika hasil perhitungan IRR lebih besar dari *discount factor*, maka dapat dikatakan investasi yang akan dilakukan layak untuk dilakukan. Jika sama dengan *discount factor*, dikatakan investasi yang ditanamkan akan balik modal, sedangkan jika IRR lebih kecil dari *discount factor* maka

investasi yang ditanamkan tidak layak. IRR sebagai tingkat suku bunga yang akan dijadikan jumlah nilai sekarang dari pengeluaran modal proyek (Riyanto, 1995). Secara matematis, IRR dirumuskan sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (2.3)$$

dengan:

i = *Discount Rate* yang digunakan

B_t = Arus kas tahunan setelah pajak dalam periode tahunan t

t = Jumlah tahun analisa

C_t = Jumlah *cost* dalam periode tahun t

n = Periode yang terakhir dari arus kas yang diharapkan

2.8.3 Metode *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Menurut Pujawan (2003), *B/C Ratio (benefit-cost analysis)* adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek pemerintah. Analisa ini adalah cara praktis untuk menaksir manfaat proyek dan memerlukan tinjauan luas. Dengan kata lain, diperlukan analisa dan evaluasi dari berbagai sudut pandang yang relevan terhadap biaya ataupun manfaat yang dihasilkannya.

Analisis manfaat-biaya merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui besarnya keuntungan/kerugian serta kelayakan suatu proyek. Dalam perhitungannya, analisis ini memperhitungkan biaya serta manfaat yang akan diperoleh dari pelaksanaan suatu proyek. Manfaat menurut Soeharto (1997) adalah segala bentuk keuntungan atau manfaat yang diterima oleh masyarakat. Seluruh *benefit* yang akan dihasilkan diwaktu yang akan datang diproyeksikan pada tingkat nilai sekarang (*present value*). Macam-macam *benefit* adalah sebagai berikut:

- *Fixed benefit* merupakan *benefit* dengan data yang sama besarnya untuk setiap periode selama umur teknis proyek.
- *Variable benefit* merupakan *benefit* dengan data yang berbeda besarnya untuk setiap periode selama umur teknis proyek.

- *Direct benefit* merupakan manfaat yang diperoleh sebagai manfaat langsung dari proyek yang bersangkutan.
- *Indirect benefit* merupakan manfaat yang diperoleh sebagai manfaat tidak langsung dari proyek yang bersangkutan.
- *Present value of benefit* adalah *benefit* yang diperoleh setiap tahun yang dinyatakan dengan nilai sekarang dengan bantuan *discount rate*. Nilai *benefit* sekarang harus dipertimbangkan sebagai dasar mengambil keputusan kelayakan proyek selain dari sisi *cost* yang dibutuhkan.
- *Net benefit* adalah selisih antara *benefit* dengan *cost*.

Benefit cost ratio (BCR) dapat digunakan untuk memilih alternatif terbaik dalam memutuskan kelayakan dari sebuah proyek. Dalam BCR, pemilihan alternatif terbaik dilakukan berdasarkan alasan perbandingan antara *life cycle's benefit* dengan biaya yang dikeluarkan. Analisa BCR masih dapat diterapkan ketika suatu proyek telah diputuskan untuk dilakukan. Dengan demikian BCR dapat digunakan untuk mengontrol perkembangan dari proyek yang bersangkutan pada tahun-tahun ke depan. BCR juga dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu proyek yang telah selesai dikerjakan. Tujuan dilakukan evaluasi ini adalah untuk mengetahui kinerja suatu proyek dan hasil analisis yang telah dilakukan yang dapat digunakan untuk perbaikan selanjutnya.

Dasar kelayakan dari analisa B/C ini adalah rasio antara manfaat yang diberikan terhadap biaya yang dibutuhkannya. *Benefit cost ratio* dilakukan dengan mengkuantifikasikan manfaat dari suatu proyek dalam satuan mata uang. Tetapi dalam kenyataannya pada beberapa kasus terjadi kesulitan melakukan ekivalensi suatu manfaat dalam bentuk satuan mata uang. Hal ini akan menjadi lebih mudah jika manfaat dan biaya yang akan dianalisa adalah ekivalen dilihat dari sudut pandang yang sama. Cara yang sering dipakai untuk menentukan sudut pandang ini adalah dengan mengidentifikasi terlebih dahulu siapa yang menerima manfaat dan siapa yang membayar biayanya. Hal lain yang penting untuk dilakukan adalah melakukan ekivalensi nilai-nilai manfaat dan biaya tersebut ke dalam ukuran-ukuran yang sudah dipahami oleh pihak-pihak yang terlibat baik sebagai sponsor

maupun pengguna proyek tersebut nantinya. Pada kasus-kasus dimana ukuran kuantitatif sangat sulit diperoleh, deskripsi-deskripsi kualitatif kadang sudah dianggap cukup. Yang terpenting dalam hal ini adalah melihat sejauh mana manfaat-manfaat dan biaya-biaya tersebut dikuantifikasikan.

B/C Ratio biasanya dilakukan dengan melihat rasio antara manfaat dari suatu proyek yang bisa dinikmati oleh masyarakat umum terhadap ongkos-ongkos yang dikeluarkan oleh pemerintah. Secara matematis hal ini diformulasikan sebagai berikut (Pujawan, 1995):

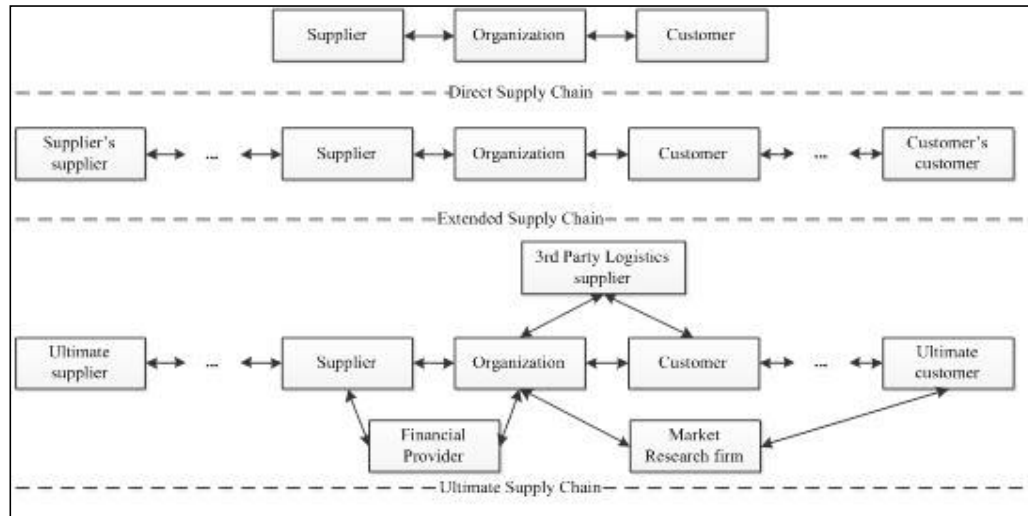
$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Manfaat yang diperoleh masyarakat}}{\text{Biaya yang dikeluarkan pemerintah}} \quad (2.4)$$

Suatu proyek dikatakan layak atau bisa dilaksanakan apabila rasio antara manfaat terhadap biaya yang dibutuhkan nilainya lebih besar dari satu (Pujawan, 2003). Jika rasio manfaat terhadap biaya yang dibutuhkan kurang dari satu maka proyek dapat dinyatakan tidak layak. Jika nilai rasio manfaat terhadap biaya yang dibutuhkan sama dengan 1, maka kelayakan proyek bersifat netral.

2.9 Supply Chain Management

Konsep *supply chain* berasal dari berbagai disiplin ilmu, sehingga tidak jarang tema *supply chain* disebut dengan berbagai macam keilmuan seperti *supply network*, *logistics channel* dan *demand pipeline*, *value adding network* dan lain sebagainya. Simchi-Levi et al. (2003) mendefinisikan *supply chain* sebagai *logistics network* yang terdiri dari *supplier*, perusahaan manufaktur, gudang, pusat-pusat distribusi, outlet retail, gudang bahan baku, *work-in-process inventory*, dan barang jadi yang mengalir dari hulu (bahan baku) hingga ke hilir (*customer*). Dengan meningkatkan kesadaran akan lingkungan, definisi *supply chain* juga memasukkan aktivitas-aktivitas pergerakan barang dari hilir ke hulu seperti *product recovery*, *recycling*, dan *reuse* (Handfield & Nichols, 2002). Secara diagram, suatu *supply chain* dapat digambarkan pada Gambar 2.1 dimana terdapat tiga macam *supply chain*: *direct supply chain*, *extended supply chain* dan *ultimate supply chain* yang memasukkan semua *stakeholders* dalam pemenuhan

kebutuhan konsumen. Berdasarkan definisi ini maka dapat disimpulkan bahwa semua perusahaan adalah bagian dari suatu supply chain tertentu. Bahkan dalam industri yang kompleks, seperti elektronika, satu perusahaan dapat memainkan bermacam-macam peran dalam supply chain, mulai dari pemasok, *assembler* hingga kompetitor.

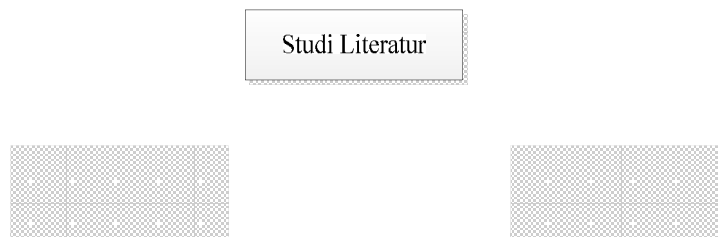


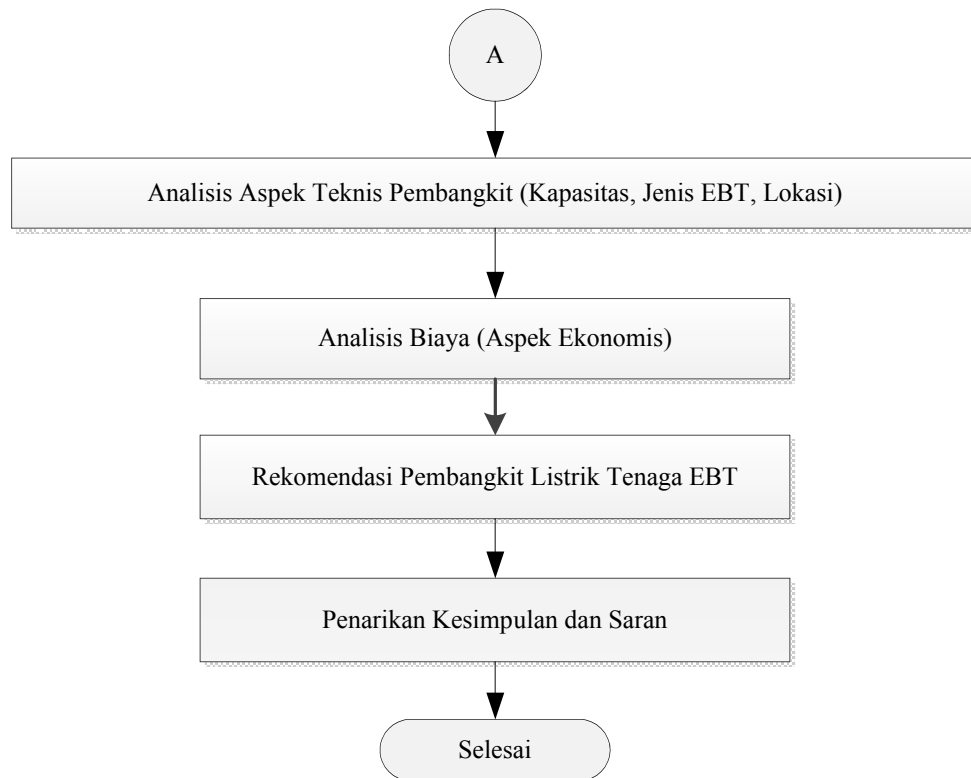
Gambar 2. 17 Jaringan Supply Chain (Mentzer et al., 2001, p. 5).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab III ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang digunakan dan dilakukan selama proses pengerjaan tugas akhir, yang akan digambarkan dalam bentuk *flowchart* beserta pembahasan dari masing-masing proses/langkah yang ada. *Flowchart* metodologi pengerjaan tugas akhir ini disajikan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir (lanjutan).

Kemudian akan dijelaskan satu per satu mengenai langkah-langkah atau metodologi yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini pada sub bab 3.1 sampai dengan sub bab 3.4.

3.1 Studi Literatur Penelitian

Studi literatur bermanfaat untuk membuka wawasan awal dan menambah referensi dalam melakukan pengerjaan penelitian atau tugas akhir ini ke depannya. Terdapat beberapa jenis-jenis kajian terdahulu yang harus dipelajari dalam studi literatur, sesuai dengan tema dan jenis penelitian.

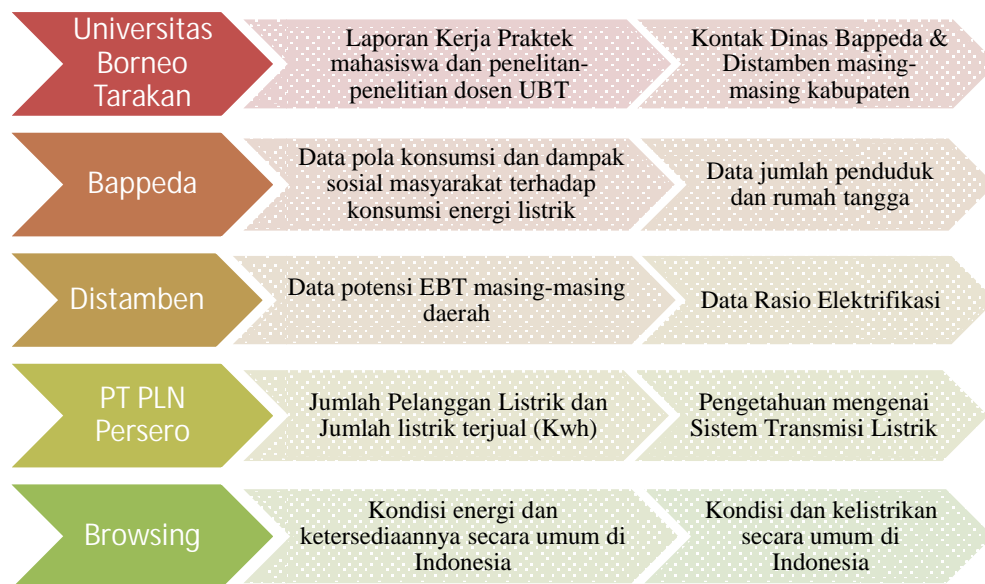


Gambar 3. 2 Kajian-Kajian Terdahulu yang Digunakan dalam Studi Literatur

Langkah pengerjaan dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai penelitian-penelitian mengenai perencanaan kebutuhan energi listrik atau pembangunan pembangkit listrik dengan pemanfaatan energi baru terbarukan yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam studi literatur ini dicari referensi dan kajian-kajian terdahulu mengenai pemanfaatan energi terbarukan (EBT) dalam upaya penyediaan tenaga listrik di suatu daerah. Selain itu, literatur mengenai metode-metode peramalan yang dapat digunakan untuk proyeksi kebutuhan energi listrik masyarakat di tahun-tahun mendatang, referensi mengenai biaya pembangunan pembangkit untuk masing-masing jenis pembangkit, serta referensi mengenai metode perhitungan yang digunakan untuk mengukur jumlah daya listrik berpotensi yang dapat disuplai untuk masyarakat nantinya. Jenis-jenis kajian atau referensi yang harus dicari dan dipelajari dalam studi literatur ini dapat terlihat pada Gambar 3.2.

1.2 Prosedur Pengambilan Data

Dalam sub bab 3.2 ini akan dijelaskan mengenai prosedur pengambilan data, kemudian data-data apa saja yang dikumpulkan, beserta dengan sumber data yang didapatkan.



Gambar 3. 3 Sumber dan Prosedur dalam Pengambilan Data Tugas Akhir

Pengambilan data dilakukan dengan dua cara, yaitu survey secara primer dan survey secara sekunder. Dalam melakukan survey primer, penulis langsung mengunjungi lokasi objek amatan dilakukannya tugas akhir, yaitu Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara. Data yang didapatkan dari survey tersebut berasal dari beberapa dinas yang terkait dengan pengembangan daerah dan pemanfaatan energi di suatu daerah, seperti Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Bappeda), Dinas Pertambangan dan Energi (Distamben) serta Badan Pusat Statistik. Data-data tersebut berupa hasil wawancara/*interview* langsung dengan orang-orang atau pihak yang langsung menangani mengenai upaya penyediaan ketenagalistrikan di daerah masing-masing, seperti Kepala Bidang energi dan sumber daya mineral di Bappeda, Ketua Umum Bappeda serta Ketua Umum Distamben dan Kepala Bidang Pengelolaan Energi Terbarukan di Distamben masing-masing kabupaten. Selain itu di lokasi penelitian (Provinsi Kalimantan Utara) juga dilakukan proses *skimming* hasil laporan mahasiswa Universitas Borneo Tarakan dalam melakukan Kerja Praktek sebagai data pendukung dan kajian-kajian atau penelitian tentang energi

terbarukan yang telah dilakukan sebelumnya oleh dosen yang mengajar di Universitas Borneo Tarakan.

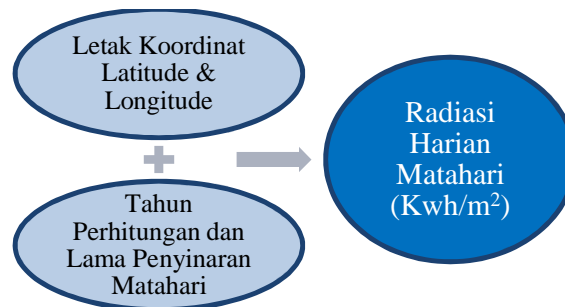
Survey data sekunder dilakukan melalui *browsing* dari internet, pencarian data-data terkait yang dibutuhkan dan dapat mendukung pengerjaan tugas akhir, seperti kondisi kelistrikan negara secara umum, kondisi energi fosil dan terbarukan di Indonesia dan Provinsi Kalimantan Utara. Selanjutnya dilakukan beberapa identifikasi terkait daerah Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau. Salah satunya adalah identifikasi EBT yang ada dan berpotensi di Kabupaten tersebut. Hal ini sejalan dengan dilakukannya identifikasi kondisi alam Kabupaten Nunukan dan Malinau. Dengan batasan identifikasi EBT meliputi energi surya, angin dan mikrohidro, dicari data-data yang menunjukkan energi yang berpotensi untuk dijadikan sumber energi listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat. Misalnya dengan wawancara langsung mengenai kelebihan dan kekurangan serta efek yang dirasakan masyarakat mengenai pembangkit listrik tenaga EBT yang beberapa sistem telah terbangun

Identifikasi kebutuhan listrik dan beban listrik Kabupaten Nunukan dan Malinau dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah listrik yang terpakai atau dikonsumsi oleh masyarakat baik itu pelanggan listrik PLN maupun non-PLN, serta mengetahui berapa beban listrik maksimum di kabupaten tersebut. Data kebutuhan listrik ini nantinya yang akan digunakan sebagai acuan proyeksi kebutuhan listrik masyarakat di tahun-tahun mendatang, sehingga nantinya dapat dilakukan perencanaan daya pasang pembangkit listrik tenaga EBT yang akan direkomendasikan.

Selanjutnya adalah identifikasi kondisi sosial dan ekonomi dari masyarakat Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pola konsumsi energi masyarakat, sehingga pemanfaatan energi listrik ke depannya dapat dipergunakan secara lebih efektif dan efisien. Selain itu kondisi ekonomi masyarakat nantinya akan menunjukkan kemampuan beli masyarakat terhadap listrik yang akan ditambah suplainya setelah pembangkit listrik tenaga EBT yang direncanakan akan direalisasikan.

1.3 Prosedur Pengolahan Data dan Analisis Hasil

Dalam proses pengolahan data, akan dilakukan perhitungan hasil identifikasi potensi energi terbarukan untuk masing-masing jenis energi. Untuk energi surya, akan dilakukan identifikasi jumlah energi yang tersedia di suatu daerah dengan menggunakan *software* HOMER Energy. Proses identifikasi data potensi energi surya menggunakan *software* HOMER Energy ditunjukkan pada Gambar 3.4.

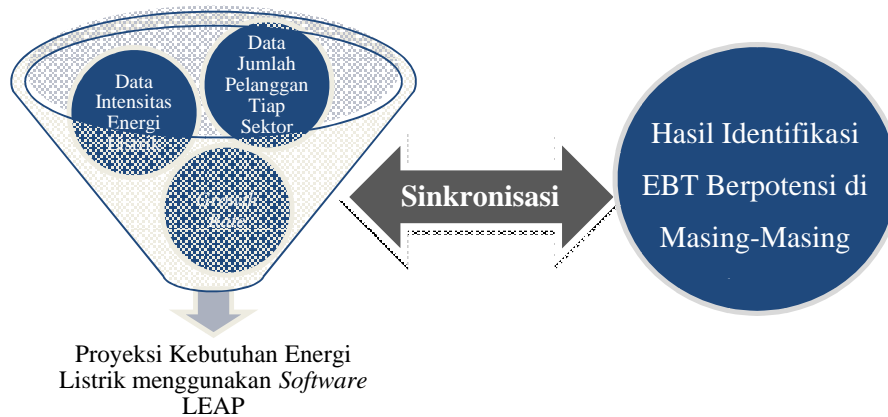


Gambar 3. 4 Identifikasi Potensi Energi Surya Menggunakan *Software* HOMER Energy.

Selanjutnya, dilakukan peramalan kebutuhan tenaga listrik masyarakat yang meliputi beberapa sektor pelanggan seperti rumah tangga, publik, industri, sosial dan usaha. Peramalan ini dilakukan dengan menggunakan *software* Long-Range Energy Alternatives Planning (LEAP). Namun dalam pengerjaan tugas akhir ini, peramalan kebutuhan energi listrik akan difokuskan kepada rumah tangga karena target penyuplaian tenaga listrik ini yaitu penduduk yang belum teraliri oleh listrik atau penduduk yang berada di daerah pedesaan. Sehingga yang akan menjadi *customer* dalam hal ini adalah rumah tangga atau masyarakat sekitar (dalam satuan kepala keluarga/KK).

Dari hasil peramalan, dilakukan proses sinkronisasi dengan hasil identifikasi potensi daya pasang pembangkit listrik EBT yang direkomendasikan sesuai hasil dari jenis EBT yang digunakan, yang dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 3.5. Atau dengan kata lain, dari sumber potensi EBT yang ada, akan dilakukan pembagian jenis potensi berdasarkan daya yang dapat dihasilkan dari

pembangkit listrik bersumber energi tersebut (angin, surya atau mikrohidro) sesuai dengan kelayakan pembangkit.



Gambar 3. 5 Prosedur Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Menggunakan *Software* LEAP.

Analisis aspek teknis pembangkit (kapasitas, jenis EBT dan lokasi) dilakukan sesuai dengan penjabaran poin sebelumnya, yaitu dengan jenis EBT yang telah didapatkan kelayakan hasilnya, ditentukan kapasitas pemasangannya dalam perealisasi pembangkit tersebut. Selain itu, analisis lokasi sangat penting untuk dilakukan terkait pendirian pembangkit, yang mana harus menyeimbangkan antara *supply* atau EBT yang dijadikan sumber pembangkit listrik, dengan lokasi masyarakat yang belum teraliri listrik. Masyarakat yang belum teraliri listrik tersebut dapat dilihat dari rasio elektrifikasi per desa dalam tiap kecamatan di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau.

Setelah itu dilakukan analisis aspek ekonomis atau analisis biaya dari perencanaan pembangkit listrik EBT ini. Analisis biaya tersebut meliputi biaya pembangunan atau *capital cost*, biaya operasional serta biaya pemeliharaan (*maintenance*) yang akan dikeluarkan tiap tahunnya. sehingga dapat dilakukan estimasi total biaya pembangunan dan operasi dari masing-masing jenis pembangkit listrik yang direncanakan.

Setelah dilakukan analisis teknis dan ekonomis untuk masing-masing jenis EBT dalam pemanfaatannya sebagai sumber energi pembangkit listrik, akan

diberikan rekomendasi pembangkit listrik yang layak dan cocok untuk dibangun di Kabupaten Nunukan dan Malinau, berikut lokasi yang direkomendasikan sebagai tempat pembangunan pembangkit listrik.

3.4 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahapan yang paling akhir akan dilakukan adalah penarikan kesimpulan yang menjawab poin-poin dari tujuan penelitian beserta saran selama pelaksanaan tugas akhir ini. Output penelitian dari tugas akhir ini yang akan dijawab dalam tahap penarikan kesimpulan ini antara lain berupa:

- Jenis EBT yang berpotensi di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara
- Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik masing-masing kabupaten dari Tahun 2015-2030

Perencanaan tahun dan lokasi pembangunan masing-masing jenis pembangkit listrik EBT.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada Bab Pengumpulan dan Pengolahan Data ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir beserta pengolahan data menggunakan metodologi yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu berupa proyeksi kebutuhan listrik di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara, identifikasi potensi masing-masing energi terbarukan, perhitungan masing-masing potensi energi surya, mikrohidro dan angin untuk masing-masing kabupaten serta perhitungan aspek ekonomis dari masing-masing jenis pembangkit listrik tenaga EBT.

4.1 Pengumpulan Data Identifikasi EBT

Pada sub bab ini akan dilakukan identifikasi terhadap potensi energi terbarukan yang tersedia di masing-masing kabupaten, diantaranya jumlah potensi, serta komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pembangunan pembangkit listrik sesuai jenis sumber daya energinya. Energi terbarukan yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah energi angin, energi mikrohidro dan energi surya. Ditinjau dari letak geografis Provinsi Kalimantan Utara yang memiliki air laut tenang, maka energi gelombang laut bukan merupakan energi potensial untuk dikembangkan menjadi alternatif energi listrik.

4.1.1 Data Identifikasi Energi Angin

Energi angin di Provinsi Kalimantan Utara perlu diidentifikasi potensinya untuk menentukan apakah dapat dilakukan pembangunan PLTB di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau. Angin kelas 3 adalah batas minimum dan angin kelas 8 adalah batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik (Said F & Julianto P, 2012). Pada Tabel 4.1 ditunjukkan kondisi angin berupa kecepatan angin yang dapat dipergunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

Tabel 4. 1 Kondisi Angin Berdasarkan Kelas Angin (Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi Surya dan Energi Angin untuk Peningkatan Hasil Tangkap Nelayan Kecamatan Sebatik Kabupaten Nunukan, Said F & Julianto P, 2012).

Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kecepatan Angin Km/ jam	Kecepatan Angin Knot/ jam
1	0.3 ~ 1.5	1 ~ 1.5	0.58 ~ 2.92
2	1.6 ~ 3.3	5.5 ~ 11.9	3.11 ~ 6.42
3	3.4 ~ 5.4	12.0 ~ 19.5	6.61 ~ 10.5
4	5.5 ~ 7.9	19.6 ~ 28.5	10.7 ~ 15.4
5	8.0 ~ 10.7	28.6 ~ 38.5	15.6 ~ 20.8
6	10.8 ~ 13.8	38.6 ~ 49.7	21 ~ 26.8
7	13.9 ~ 17.1	49.8 ~ 61.5	27 ~ 33.3
8	17.2 ~ 20.7	61.6 ~ 74.5	33.5 ~ 40.3
9	20.8 ~ 24.4	74.6 ~ 87.9	40.5 ~ 47.5
10	24.5 ~ 28.4	88.0 ~ 102.3	47.7 ~ 55.3
11	28.5 ~ 32.6	102.4 ~ 117.0	55.4 ~ 63.4
12	>32.6	> 118	63.4

Agar lebih mudah untuk digambarkan bagaimana kondisi angin berdasarkan kelasnya seperti yang telah disajikan dalam Tabel 4.1, maka akan dijelaskan contoh gerakan maupun aktivitas angin sesuai dengan kelasnya, yang disajikan pada Tabel 4.2.

Di Provinsi Kalimantan Utara, kondisi kecepatan dan kelas angin tidak memadai untuk dijadikan sumber energi pembangkit listrik, yaitu hanya berkisar kelas 1 dan 2, serta sesekali memasuki kategori/kelas 3. Selain itu, kondisi angin di Indonesia, khususnya di Kalimantan Utara relatif tidak stabil dari waktu ke waktu (Said, 2014). Di Indonesia wilayah yang memiliki kondisi angin yang dapat dimanfaatkan untuk sumber daya pembangkit listrik yaitu wilayah dengan kecepatan angin lebih dari 5 m/s, seperti wilayah NTB, NTT, Yogyakarta, Jawa Tengah, Sulawesi Utara dan Sulawesi Tenggara (ESDM, 2013). Oleh karena itu, energi angin tidak direkomendasikan untuk dimanfaatkan dalam pembangunan PLTB di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara.

Tabel 4. 2 Tingkat Kecepatan Angin 10 meter diatas Permukaan Tanah

(Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi Surya dan Energi Angin untuk Peningkatan Hasil Tangkap Nelayan Bagan Kecamatan Sebatik Kabupaten Nunukan, Said F & Julianto P, 2012)

Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kondisi Alam di Daratan
1	0.00 ~ 0.02	—
2	0.3 ~ 1.5	angin tenang, asap lurus ke atas
3	1.6 ~ 3.3	asap bergerak mengikuti arah angin
4	3.4 ~ 5.4	wajah terasa ada angin, daun2 bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5.6 ~ 7.8	debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8.0 ~ 10.7	ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10.8 ~ 13.8	ranting pohon besar bergoyang, air plampung berombak kecil
8	13.9 ~ 17.1	ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa diteling
9	17.2 ~ 20.7	dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8 ~ 24.4	dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.6 ~ 28.4	dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.6 ~ 32.6	menimbulkan kerusakan parah
13	32.7 ~ 36.9	Tornado

4.1.2 Data Identifikasi Energi Mikrohidro

Untuk mendapatkan jumlah potensi daya listrik dari tiap sungai di Provinsi Kalimantan Utara, dilakukan pencarian data sekunder melalui dinas-dinas di tiap kabupaten, seperti Badan Perencanaan dan Pengembangan Daerah (Bappeda) dan Dinas Pertambangan dan Energi (Distamben). Dinas-dinas tersebut memberikan data dari hasil survey langsung terhadap sungai-sungai yang berpotensi untuk dijadikan sumber energi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Sungai yang berpotensi menjadi sumber energi PLTMH di Kabupaten Nunukan adalah Sungai Sembakung, dengan total potensi daya pasang sebesar 500 Kilowatt (Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Nunukan, 2014).

Sama halnya dengan identifikasi potensi energi mikrohidro di Kabupaten Nunukan, telah dilakukan pula identifikasi potensi energi mikrohidro di Kabupaten Malinau oleh Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Malinau. Sungai-sungai yang berpotensi menjadi sumber energi PLTMH di Kabupaten Malinau dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Sungai-Sungai yang Berpotensi sebagai PLTMH di Kabupaten Malinau

Desa>Nama Sungai	Potensi Daya Pasang
Paking	40
Long Berang	45
Long Semamu	10
Long Pala	8
Long Pujungan	60
Long Aran	80
Long Alango	60
Apau Ping	24
Data Dian	10
Sei Anai & Metun	32
Long Sule & Long Pipa	375
Long Ampung/Metulang	35
Sei Barang	25
Long Uro & Lidung Payau	32
Mahak Baru & Dumu Mahak	80
Long Payau	112.5
TOTAL	1028.5

4.1.3 Data Identifikasi Energi Surya

Identifikasi besarnya radiasi matahari di lokasi yang ditargetkan, dicari dengan menggunakan *software* HOMER Energy. Seperti yang telah dijelaskan pada Bab Tinjauan Pustaka, HOMER Energy adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *National Renewable Energy Laboratory*. Aplikasi perangkat ini digunakan untuk mendesain dan mengevaluasi secara teknis maupun *financial* untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya. Data radiasi harian matahari (kWh/m^2) didapatkan dari NASA Surface Meteorology and Solar Energy dengan memasukkan koordinat lokasi berupa titik *latitude* dan *longitude* dari masing-masing kecamatan di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau.

Berdasarkan koordinat lokasi yang dimasukkan kedalam perangkat lunak HOMER, maka didapatkan data rata-rata radiasi harian matahari di Kabupaten Nunukan yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

4.2 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik

Dalam perhitungan proyeksi kebutuhan energi listrik, metode yang digunakan oleh PT PLN (Persero) adalah metode DKL 3.01, yaitu suatu model yang disusun dengan menggabungkan beberapa metode seperti ekonometri, kecenderungan dan analitis dengan pendekatan sektoral. Pendekatan sektoral yaitu suatu pendekatan dengan mengelompokkan pelanggan menjadi empat sektor (rumah tangga, bisnis, umum dan industri). Data kelistrikan yang digunakan merupakan data pemakaian energi listrik selama lima tahun terakhir. Berikut ini adalah rumus DKL 3.01 dari konsumsi energi (untuk sektor rumah tangga) yang terlihat dalam Persamaan 4.1.

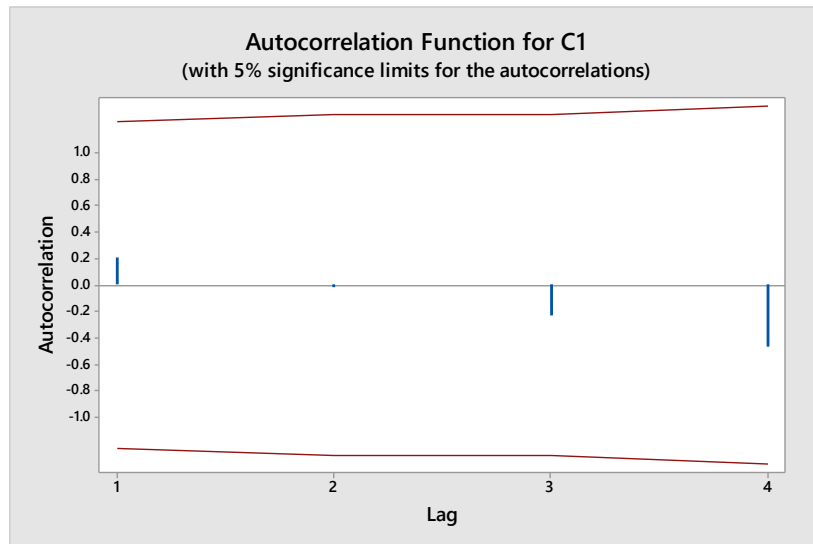
$$UKR_t = \frac{\{UKR_{t-1} * (1 + \varepsilon ER * \frac{G_t}{1000})\} * Pel.R_t + (\Delta Pel.R_t * UR)}{Pel.R_t} \quad (4.1)$$

dengan :

- UKR_t : rata-rata konsumsi/pelanggan pada tahun ke-t
- ER_t : konsumsi energi rumah tangga total tahun ke-t
- εER : elastisitas energi rumah tangga
- G_t : pertumbuhan PDRB total tahun ke-t
- UR : konsumsi rata-rata/pelanggan rumah tangga baru
- ΔPel.R_t : penambahan pelanggan rumah tangga tahun ke-t

Selain metode DKL 3.01, terdapat pula beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan, dalam hal ini proyeksi kebutuhan energi listrik masyarakat Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau dari tahun 2015 hingga tahun 2030. Untuk menentukan metode peramalan yang cocok digunakan untuk jenis data historis kebutuhan energi listrik, pertama-tama dilakukan pengecekan *autocorrelation*. *Autocorrelation* adalah sebuah representasi matematis dari tingkat kesamaan antara time series tertentu dan *lag version* dari dirinya sendiri selama interval waktu berturut-turut dan untuk mengetahui pola data historis. Data historis jumlah kebutuhan energi listrik per tahunnya akan dicek menggunakan *autocorrelation* pada *software* minitab. Dari hasil pengecekan

autocorrelation data historis jumlah kebutuhan energi listrik (jumlah Kwh terjual) di masing-masing kabupaten selama 5 tahun didapatkan hasil pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil Pengecekan *Autocorrelation* Data Historis Jumlah Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Nunukan.

Tabel 4.4 menunjukkan *score Autocorrelation Function* (ACF) yang didapatkan dari pengujian *autocorellation* dengan menggunakan *software* minitab.

Tabel 4. 4 *Score Autocorrelation Function* dari Data Historis Jumlah Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Nunukan.

Lag	ACF	T	LBQ
1	0.209561	0.47	0.38
2	-0.067364	-0.14	0.39
3	-0.228679	-0.49	1.30
4	-0.463518	-0.95	8.82

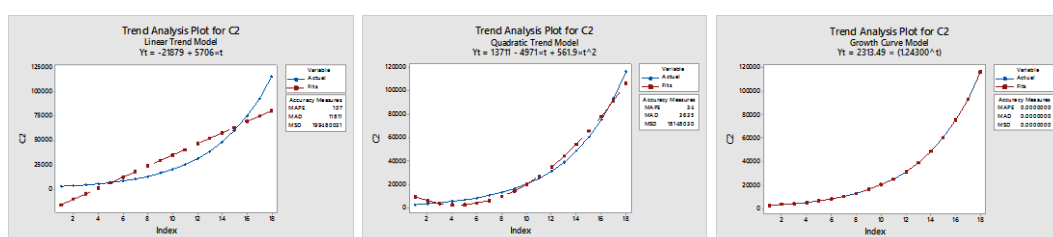
Berdasarkan data pada Tabel 4.4, nilai ACF berada diluar *range* $-0,05 < x < 0,05$ yang termasuk *range error* (tingkat kepercayaan = 95%) dan bisa disimpulkan bahwa data historis jumlah kebutuhan energi listrik berkorelasi dari seri waktu ke seri waktu lainnya (Anityasari, 2009). Dengan demikian dapat dilakukan *forecast* dengan menggunakan *trend analysis* dengan metode *linear*, *quadratic* dan *exponential growth* pada *software* minitab dari tahun 2015 hingga

tahun 2030. Selanjutnya, metode peramalan dengan *software* minitab menggunakan *trend analysis* tersebut akan dibandingkan dengan metode DKL 3.01 yang dilakukan menggunakan *software* LEAP. Perbandingan dilakukan dengan mencari nilai *error* melalui variabel MAD, MSD dan MAPE yang dilihat berdasarkan output atau hasil peramalan yang telah dilakukan untuk tiap metode. Berikut ini adalah perbandingan nilai MAD, MSD dan MAPE pada metode *linear*, *quadratic*, *exponential growth* serta metode DKL 3.01 yang disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Perbandingan Tingkat Error pada Tiap Metode

NILAI ERROR	LINEAR	QUADRATIC	EXPONENTIAL
MAPE	3.7	4.1	4.1
MAD	106.4	112.8	113.6
MSD	16353.3	15637	15385.9

Dari ketiga metode, nilai error pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai error terkecil adalah metode *linear*. Namun, dalam kenyataannya, kebutuhan energi listrik juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain, seperti pertumbuhan tingkat ekonomi (PDRB ataupun pendapatan perkapita tiap daerah). Maka dari itu, akan dilakukan plot hasil peramalan menggunakan metode DKL 3.01 pada ketiga metode *trend analysis*, yang ditunjukkan pada Gambar 4.2, sedangkan nilai error untuk masing-masing plot dapat ditunjukkan pada Tabel 4.6.



Gambar 4. 2 Plot Hasil Peramalan Metode DKL 3.01 pada Metode *Trend Analysis*

Tabel 4. 6 Plot Hasil Peramalan dengan Metode DKL 3.01 pada Metode *Trend Analysis*.

PLOT METODE DKL 3.01			
NILAI ERROR	LINEAR	QUADRATIC	EXPONENTIAL
MAPE	107	34	0
MAD	11811	3635	0
MSD	199480031	18148030	0

Dari Tabel 4.6, dapat diketahui bahwa metode DKL 3.01 juga mengikuti salah satu metode *trend analysis*, yaitu *exponential growth*, dengan nilai error masing-masing untuk MAPE, MAD dan MSD bernilai nol. Sehingga, selain diperkuat dengan pertimbangan faktor ekonomi pada metodenya, metode DKL 3.01 juga cocok untuk digunakan pada data historis jumlah kebutuhan listrik, karena memiliki plot hasil sesuai dengan metode *trend analysis (exponential)*.

Perhitungan proyeksi kebutuhan energi listrik dengan menggunakan metode DKL 3.01, diadaptasi oleh sebuah *software* khusus untuk membuat perencanaan energi, yaitu *software* LEAP. Sebelumnya, dilakukan proyeksi jumlah penduduk dan rumah tangga menggunakan metode regresi linear, dimana nantinya hasil proyeksi jumlah penduduk dan rumah tangga tersebut akan menjadi input dari peramalan menggunakan *software* LEAP.

Untuk mengetahui berapa jumlah energi listrik yang dibutuhkan oleh masing-masing pelanggan rumah tangga, maka dapat dilihat dari data intensitas energi yang dihitung dengan *software* LEAP. Rumus dari intensitas energi adalah sebagai berikut (Sukhono, 2012):

$$\text{Intensitas Energi} = \frac{\text{Jumlah Kwh Terjual}}{\text{Jumlah Pelanggan}} \quad (4.2)$$

4.2.1 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Nunukan

Pada menu ‘Skenario’ dalam *software* LEAP, dalam kolom ‘2013 Value’, dimasukkan data-data jumlah pelanggan dan jumlah intensitas pemakaian energi listrik untuk masing-masing sektor pelanggan listrik, yaitu dapat terlihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Radiasi Harian Rata-Rata Matahari di Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara

Kecamatan	Latitude	Longitude	Radiasi Harian Rata-Rata (kwh/m ² /d)
Krayan	4°11'47.7"N	115°59'48.4"E	4.9373
Krayan Selatan	3°39'28.1"N	115°50'30.6"E	4.9007
Lumbis	3°45'30.1"N	116°61'39.1"E	4.7683
Lumbis Ogong	4°09'16.9"N	116°22'30.1"E	5.0533
Sembakung	3°46'52.1"N	117°03'32.5"E	4.7683
Nunukan	4°02'15.9"N	117°39'56.2"E	4.8816
Sei Menggaris	4°08'40.6"N	117°38'58.5"E	4.8816
Nunukan Selatan	4°05'01.7"N	117°41'58.4"E	4.8816
Sebuku	4°11'18.7"N	117°02'27.8"E	4.9982
Tulin Onsoi	4°22'18.6"N	117°05'31.1"E	4.9982
Sebatik	4°05'51.9"N	117°48'57.2"E	4.8816
Sebatik Timur	4°08'35.4"N	117°48'54.0"E	4.8816
Sebatik Tengah	4°11'18.5"N	117°46'37.4"E	4.8816
Sebatik Utara	4°09'20.5"N	117°48'01.4"E	4.8816
Sebatik Barat	4°08'03.6"N	117°44'34.5"E	4.8816
Rata-Rata			4.8985

Tabel 4. 8 Jumlah Pelanggan dan Jumlah Intensitas Penggunaan Energi di Kabupaten Nunukan (Bappeda Kabupaten Nunukan, 2014).

Sektor Pelanggan	Jumlah Pelanggan	Intensitas Pemakaian (Kwh/pelanggan)
Rumah Tangga	10282	2450
Industri	7	160571
Bisnis	1392	6775
Sosial	236	8182
Publik	218	18633

Berdasarkan data historis terhadap jumlah pelanggan listrik dan intensitas pemakaian energi listrik di dapatkan rata-rata pertumbuhannya untuk masing-masing sektor yaitu seperti yang disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 9 Rata-rata Pertumbuhan Jumlah Pelanggan dan Intensitas Penggunaan Energi di Kabupaten Nunukan (Bappeda Kabupaten Nunukan, 2014).

Sektor Pelanggan	Pertumbuhan Jumlah Pelanggan	Pertumbuhan Intensitas Penggunaan Energi
Rumah Tangga	13%	10%
Bisnis	4%	2%
Industri	5%	14%
Sosial	4%	3%
Publik	5%	6%

Tabel 4. 10 Laju Pertumbuhan PDRB (*GDP Growth Rate*) Kabupaten Nunukan.

Tahun	2008	2009	2010	2011	2012
Produk Domestik Regional Bruto	4.4%	3.93%	5.63%	6.74%	7.13%

Setelah data *growth rate* intensitas energi dan *growth rate* jumlah pelanggan listrik untuk masing-masing sektor dimasukkan dalam asumsi kunci (*key assumption*) pada *software* LEAP, dimasukkan pula jumlah intensitas energi dan jumlah pelanggan listrik untuk masing-masing sektor pada tahun awal dilakukan perhitungan atau *base year* yaitu pada tahun 2013. Selain itu, dimasukkan pula laju pertumbuhan PDRB yang disajikan pada Tabel 4.9 dalam perhitungan laju pertumbuhan intensitas energi listrik sebagai salah satu faktor ekonomi dalam pertimbangannya. Berikut ini adalah rumus perhitungan dari laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga dengan pertimbangan aspek ekonomis yaitu laju pertumbuhan PDRB, yang dapat terlihat pada Persamaan 4.3 (Suswanto, 2012).

$$i_{rt} = \varepsilon_{rp} \times p + \varepsilon_{rs} \times s \quad (4.3)$$

dengan:

i_{rt} = laju pertumbuhan kebutuhan/intensitas energi sektor rumah tangga

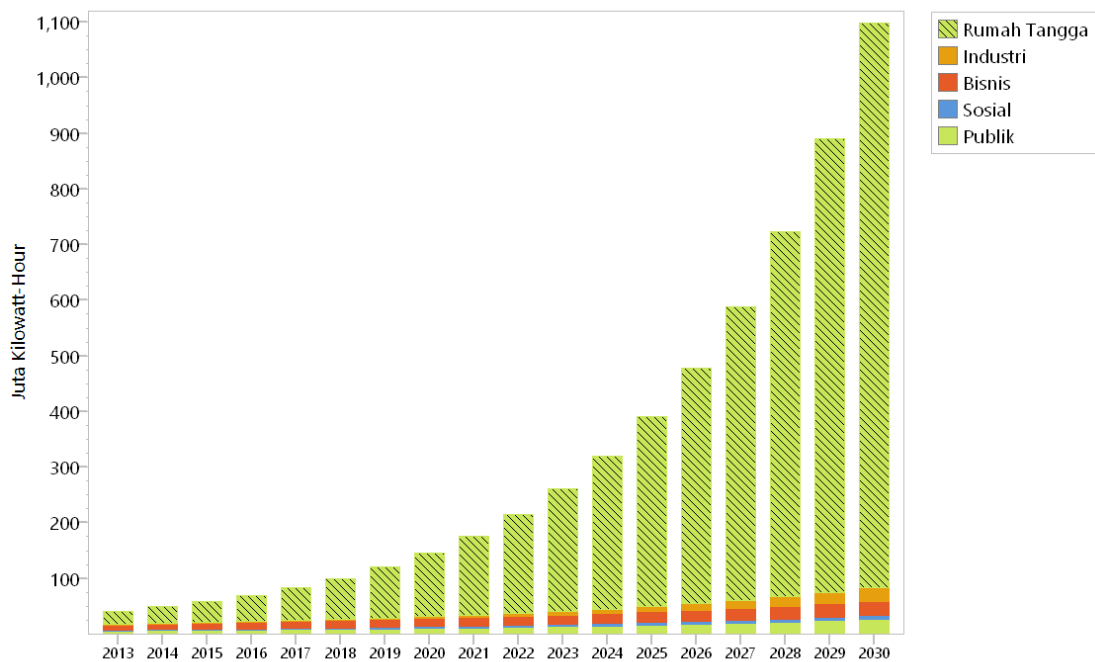
ε_{rp} = elastisitas rumah tangga terhadap pendapatan perkapita

p = jumlah pelanggan

ε_{rs} = elastisitas rumah tangga terhadap kemampuan daya

s = jumlah intensitas pemakaian energi listrik

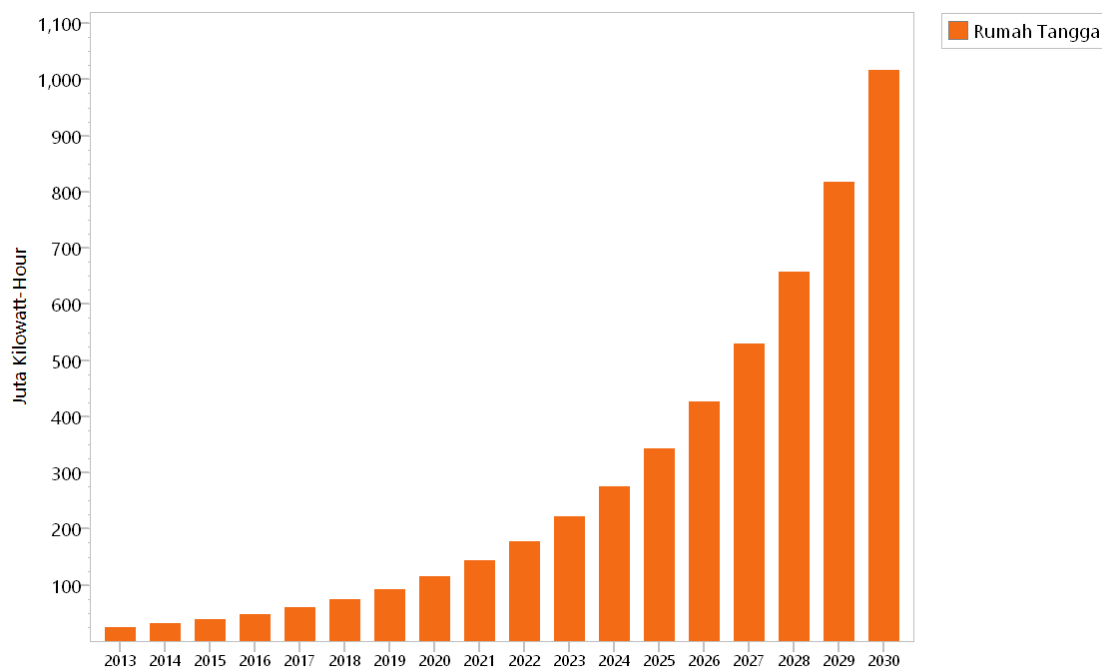
Dari data-data dan perhitungan tersebut, dilakukan *running* proyeksi jumlah permintaan/kebutuhan energi listrik dari tahun 2014 hingga tahun 2030, dengan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Nunukan dengan Software LEAP.

Dapat terlihat pada Gambar 4.3, bahwa sektor yang memiliki jumlah kebutuhan energi listrik terbesar dari seluruh sektor adalah sektor rumah tangga. Kunci utama suatu perkembangan daerah adalah kesejahteraan desa dan rumah tangganya, karena dengan kondisi rumah tangga yang sejahtera, dapat dilakukan

pembangunan daerah seperti dengan mengadakan kegiatan ekonomi untuk tiap rumah tangga, yang dapat meluas hingga tingkat industri. Dikarenakan pemenuhan awal kebutuhan tenaga listrik dimulai dari sektor rumah tangga, maka dalam kajian tekno-ekonomi pada tugas akhir ini, yang menjadi target konsumen adalah penduduk yang belum teraliri oleh listrik, sehingga dapat diwakilkan oleh sektor rumah tangga. Berikut ini adalah proyeksi kebutuhan tenaga listrik untuk sektor rumah tangga dari tahun 2013 hingga tahun 2030 di Kabupaten Nunukan yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Kabupaten Nunukan dengan Software LEAP.

Data hasil pengolahan menggunakan *software* LEAP menghasilkan kebutuhan energi dengan satuan juta Kilowatt-Hours (Kwh), sehingga harus dikonversi ke dalam satuan Kw. Hal tersebut dilakukan agar dapat membandingkan atau melihat keseimbangan jumlah antara suplai atau potensi sungai yang telah dihitung dengan permintaan kebutuhan energi masyarakat, maka harus dicari kebutuhan energi tersebut dalam satuan Kw, dengan rumus sebagai berikut (PT PLN (Persero), 2014):

$$KW = \frac{1 \text{ juta Kwh} \times 10^6}{365 \times 24 \text{ h}} \quad (4.4)$$

Proyeksi kebutuhan energi listrik tiap tahunnya untuk masing-masing pelanggan di Kabupaten Nunukan dalam satuan Kwh dan Kw dapat ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Kebutuhan Energi Listrik Tiap Tahun untuk Masing-Masing Pelanggan di Kabupaten Nunukan.

Tahun	Rumah Tangga		Industri		Bisnis		Sosial		Publik	
	Juta Kwh	Kw	Juta Kwh	Kw	Juta Kwh	Kw	Juta Kwh	Kw	Juta Kwh	Kw
2013	25.19	2875.67	1.12	128.31	9.43	1076.58	1.93	220.43	4.06	463.70
2014	31.31	3574.46	1.35	153.59	10.00	1142.03	2.07	236.12	4.52	516.10
2015	38.92	4443.06	1.61	183.84	10.61	1211.47	2.22	252.93	5.03	574.41
2016	48.38	5522.72	1.93	220.06	11.26	1285.12	2.37	270.94	5.60	639.32
2017	60.14	6864.74	2.31	263.41	11.94	1363.26	2.54	290.23	6.23	711.57
2018	74.75	8532.87	2.76	315.31	12.67	1446.15	2.72	310.90	6.94	791.97
2019	92.91	10606.36	3.31	377.42	13.44	1534.07	2.92	333.04	7.72	881.47
2020	115.49	13183.71	3.96	451.77	14.26	1627.34	3.13	356.75	8.59	981.07
2021	143.55	16387.35	4.74	540.77	15.12	1726.29	3.35	382.15	9.57	1091.93
2022	178.44	20369.47	5.67	647.30	16.04	1831.24	3.59	409.36	10.65	1215.32
2023	221.80	25319.25	6.79	774.82	17.02	1942.58	3.84	438.50	11.85	1352.65
2024	275.69	31471.83	8.12	927.46	18.05	2060.69	4.11	469.72	13.19	1505.50
2025	342.69	39119.48	9.73	1110.17	19.15	2185.98	4.41	503.17	14.68	1675.63
2026	425.96	48625.52	11.64	1328.88	20.31	2318.89	4.72	538.99	16.34	1864.97
2027	529.47	60441.52	13.93	1590.67	21.55	2459.88	5.06	577.37	18.18	2075.71
2028	658.13	75128.81	16.68	1904.03	22.86	2609.44	5.42	618.48	20.24	2310.27
2029	818.05	93385.11	19.97	2279.12	24.25	2768.09	5.80	662.52	22.52	2571.33
2030	1,016.84	116077.69	23.90	2728.11	25.72	2936.39	6.22	709.69	25.07	2861.89

Hasil proyeksi dalam Tabel 4.11 menunjukkan bahwa kebutuhan atau permintaan energi listrik di Kabupaten Nunukan meningkat setiap tahun, untuk dapat memenuhi permintaan energi listrik sebesar data pada Tabel 4.8 maka diperlukan adanya peningkatan penyediaan energi listrik. Perencanaan penyediaan energi listrik ini akan dibahas pada sub bab selanjutnya.

4.2.2 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Malinau

Seperti halnya dengan Kabupaten Nunukan, dilakukan perhitungan proyeksi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Malinau juga menggunakan *software* LEAP, dengan cara dimasukkan data-data jumlah pelanggan dan jumlah intensitas pemakaian energi listrik untuk masing-masing sektor pelanggan listrik, yaitu dapat terlihat pada Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4. 12 Jumlah Pelanggan dan Jumlah Intensitas Penggunaan Energi di Kabupaten Malinau (Bappeda Kabupaten Malinau, 2014).

Sektor Pelanggan	Jumlah Pelanggan	Intensitas Pemakaian (Kwh/pelanggan)
Rumah Tangga	6656	2474
Industri	4	261880
Bisnis	659	6040
Sosial	356	4439
Publik	139	33063

Berdasarkan data historis terhadap jumlah pelanggan listrik dan intensitas pemakaian energi listrik di dapatkan rata-rata pertumbuhannya yang disajikan dalam Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Persentase Pertumbuhan Jumlah Pelanggan dan Intensitas Penggunaan Energi di Kabupaten Malinau (Bappeda Kabupaten Malinau, 2014).

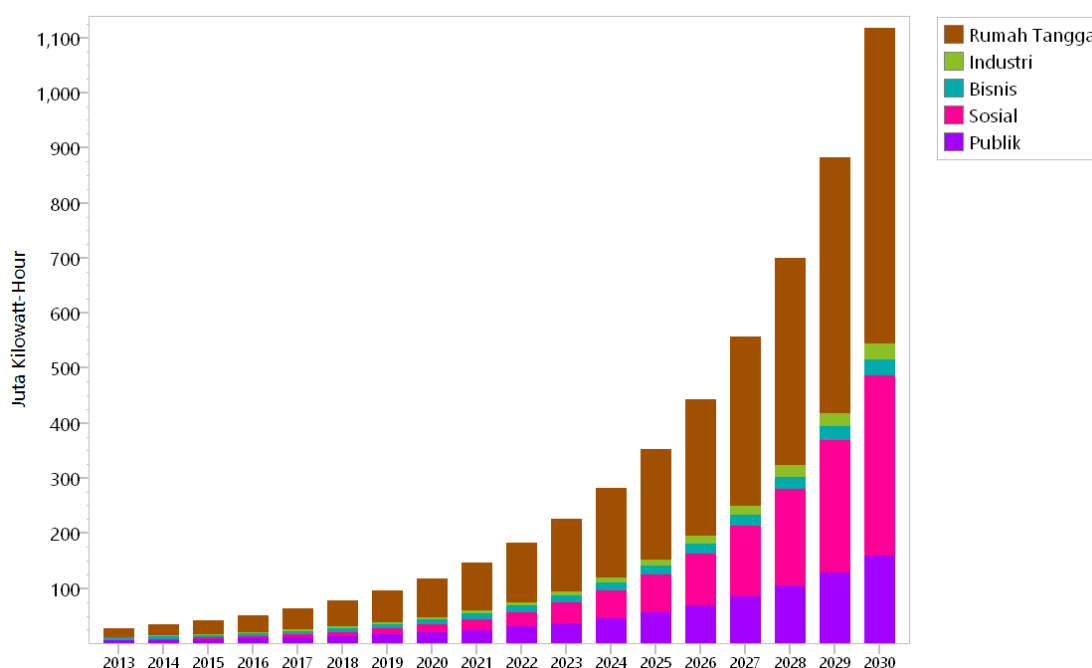
Sektor Pelanggan	Pertumbuhan Jumlah Pelanggan	Pertumbuhan Intensitas Penggunaan Energi
Rumah Tangga	11%	11%
Bisnis	5%	16%
Industri	5%	7%
Sosial	22%	22%
Publik	9%	27%

Tabel 4. 14 Laju Pertumbuhan PDRB (*GDP Growth Rate*) Kabupaten Malinau.

Tahun	2008	2009	2010	2011	2012
Produk Domestik Regional Bruto	27.58%	18.86%	50.26%	29.32%	32.81%

Selain data pada Tabel 4.12 dan 4.13, dimasukkan pula laju pertumbuhan PDRB yang disajikan pada Tabel 4.14 sebagai salah satu faktor ekonomi dalam pertimbangan laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik. Berikut ini adalah rumus perhitungan dari laju pertumbuhan kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga dengan pertimbangan aspek ekonomis yaitu laju pertumbuhan PDRB, yang dapat terlihat pada Persamaan 4.3.

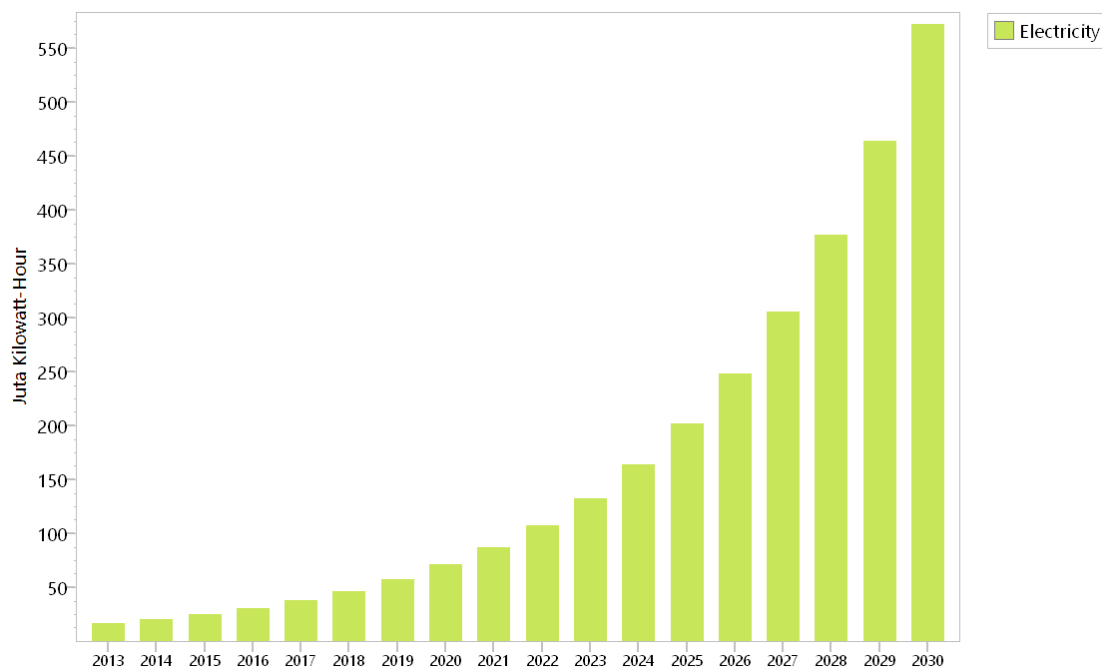
Data-data dan hasil perhitungan tersebut selanjutnya menjadi input dalam proyeksi yang dilakukan oleh perangkat lunak LEAP dan dihasilkan proyeksi total permintaan energi listrik Kabupaten Malinau seperti yang terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil Proyeksi Kebutuhan Beban Listrik Kabupaten Malinau dengan Software LEAP.

Dapat terlihat pada Gambar 4.5, bahwa sektor yang memiliki jumlah kebutuhan energi listrik terbesar dari seluruh sektor adalah sektor rumah tangga. Kunci utama suatu perkembangan daerah adalah kesejahteraan desa dan rumah tangganya, karena dengan kondisi rumah tangga yang sejahtera, dapat dilakukan pembangunan daerah seperti dengan mengadakan kegiatan ekonomi untuk tiap

rumah tangga, yang dapat meluas hingga tingkat industri. Dikarenakan pemenuhan awal kebutuhan tenaga listrik dimulai dari sektor rumah tangga, maka dalam kajian tekno-ekonomi pada tugas akhir ini, yang menjadi target konsumen adalah penduduk yang belum teraliri oleh listrik, sehingga dapat diwakilkan oleh sektor rumah tangga. Proyeksi kebutuhan tenaga listrik untuk sektor rumah tangga dari tahun 2013 hingga tahun 2030 di Kabupaten Malinau dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Hasil Proyeksi Kebutuhan Beban Listrik Kabupaten Malinau dengan Software LEAP.

Sama halnya dengan perhitungan data pada Kabupaten Nunukan, data hasil pengolahan menggunakan *software* LEAP menghasilkan kebutuhan energi pada Kabupaten Malinau dengan satuan juta Kilowatt-Hours (Kwh), sehingga harus dikonversi ke dalam satuan Kw. Proyeksi kebutuhan energi listrik tiap tahunnya untuk masing-masing pelanggan di Kabupaten Malinau dalam satuan Kwh dan Kw dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Kebutuhan Energi Listrik Tiap Tahun untuk Masing-Masing Pelanggan di Kabupaten Malinau.

Tahun	Rumah Tangga		Industri		Bisnis		Sosial		Publik	
	Juta Kwh	Kw	Juta Kwh	Kw	Juta Kwh	Kw	Juta Kwh	Kw	Juta Kwh	Kw
2013	16.5	1,879.8	1.0	119.6	4.0	454.4	1.6	185.0	4.6	524.6
2014	20.3	2,316.1	1.3	145.6	4.5	510.5	2.2	252.7	5.7	646.2
2015	25.0	2,853.7	1.6	177.4	5.0	573.5	3.0	345.3	7.0	795.9
2016	30.8	3,516.0	1.9	216.1	5.6	644.4	4.1	471.9	8.6	980.3
2017	37.9	4,332.0	2.3	263.2	6.3	724.0	5.6	644.7	10.6	1,207.5
2018	46.8	5,337.5	2.8	320.5	7.1	813.4	7.7	881.0	13.0	1,487.2
2019	57.6	6,576.3	3.4	390.4	8.0	913.8	10.5	1,203.8	16.0	1,831.8
2020	71.0	8,102.7	4.2	475.5	9.0	1,026.7	14.4	1,644.8	19.8	2,256.3
2021	87.5	9,983.4	5.1	579.2	10.1	1,153.5	19.7	2,247.5	24.3	2,779.0
2022	107.8	12,300.5	6.2	705.5	11.4	1,295.9	26.9	3,071.0	30.0	3,422.9
2023	132.8	15,155.4	7.5	859.3	12.8	1,456.0	36.8	4,196.2	36.9	4,216.0
2024	163.6	18,673.0	9.2	1,046.6	14.3	1,635.8	50.2	5,733.6	45.5	5,192.9
2025	201.5	23,007.0	11.2	1,274.8	16.1	1,837.8	68.6	7,834.4	56.0	6,396.1
2026	248.3	28,347.0	13.6	1,552.6	18.1	2,064.8	93.8	10,705.0	69.0	7,878.0
2027	306.0	34,926.3	16.6	1,891.1	20.3	2,319.8	128.1	14,627.3	85.0	9,703.4
2028	377.0	43,032.7	20.2	2,303.4	22.8	2,606.2	175.1	19,986.7	104.7	11,951.6
2029	464.5	53,020.5	24.6	2,805.5	25.7	2,928.1	239.2	27,309.9	129.0	14,720.8
2030	572.3	65,326.6	29.9	3,417.1	28.8	3,289.7	326.9	37,316.2	158.8	18,131.6

Hasil proyeksi beban energi listrik di Kabupaten Malinau juga menunjukkan permintaan yang meningkat setiap tahunnya, sehingga dengan kapasitas pembangkit yang tersedia sekarang tidak dapat memenuhi permintaan energi listrik sebesar diatas dan diperlukan adanya peningkatan penyediaan energi listrik untuk kebutuhan mendatang.

4.3 Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Terbarukan

Data-data yang telah didapatkan mengenai energi terbarukan yang berpotensi di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau selanjutnya akan dihitung pemanfaatannya sehingga didapatkan hasil daya listrik yang mampu disuplai dan dikonsumsi oleh masyarakat.

4.3.1 Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Mikrohidro

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai potensi energi mikrohidro yang teridentifikasi di masing-masing Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau.

4.3.1.1 Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Mikrohidro Kabupaten Nunukan

Dalam perencanaan kebutuhan energi mikrohidro menggunakan LEAP dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi listrik untuk sektor rumah tangga, terdapat beberapa data atau parameter yang dibutuhkan dalam proses perhitungan, yaitu:

- Jumlah Listrik Terjual (Kwh)
- Jumlah Pelanggan Listrik Tiap Sektor (RT)
- Intensitas Energi Tiap Sektor Pelanggan (Kwh/pelanggan)
- Laju Pertumbuhan Intensitas Energi (%).

Dari data-data yang telah didapatkan melalui Dinas Pertambangan dan Energi (Distamben) Kabupaten Nunukan, sungai yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber daya PLTMH yaitu Sungai Sembakung dengan total potensi daya pasang sebesar 500 Kilowatt. Namun, potensi daya pasang merupakan potensi daya listrik (Kw) secara umum yang dapat dibangkitkan sebelum adanya *losses* atau hilangnya daya listrik selama sistem transmisi. Maka dari itu perlu dilakukan perhitungan daya mampu, yaitu daya listrik yang mampu atau dapat dikonsumsi masyarakat sebagai energi listrik tersuplai setelah adanya sistem transmisi. Berdasarkan rata-rata persentase daya mampu dari data perbandingan daya pasang dan daya mampu oleh PT PLN, daya mampu yang dihasilkan setelah adanya sistem transmisi yaitu sebesar 77% dari besar daya terpasang. Oleh karena itu daya mampu dari Sungai Sembakung di Kabupaten Nunukan didapatkan sebesar (PT PLN (Persero), 2014):

$$\begin{aligned} \text{Daya Mampu} &= 77\% \times \text{Daya Pasang} \\ &= 77\% \times 500 \text{ Kw} = \mathbf{385 \text{ Kw}} \end{aligned} \tag{4.5}$$

4.3.1.2 Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Mikrohidro Kabupaten Malinau

Sama halnya dengan perhitungan identifikasi potensi energi mikrohidro di Kabupaten Nunukan, potensi energi mikrohidro di Kabupaten Malinau yang telah teridentifikasi akan dihitung besar daya mampunya, yaitu sebesar 77% dari daya pasang. Hasil perhitungan daya mampu sungai-sungai yang berpotensi menjadi sumber energi PLTMH di Kabupaten Malinau dapat dilihat pada Tabel 4.16.

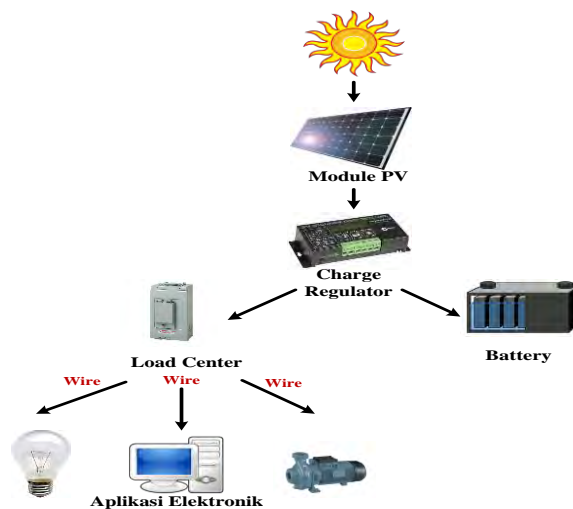
4.3.2 Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Pemanfaatan energi surya dibagi menjadi dua metode, yaitu pemanfaatan melalui teknologi surya termal dan teknologi fotovoltaik (PV). Pada penelitian ini teknologi yang digunakan untuk pemanfaatan energi surya adalah teknologi PV, yaitu dengan menggunakan modul atau panel surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Pemanfaatan energi surya dibagi menjadi dua metode, yaitu pemanfaatan melalui teknologi surya termal dan teknologi fotovoltaik (PV). Pada penelitian ini teknologi yang digunakan untuk pemanfaatan energi surya adalah teknologi PV.

Tabel 4. 16 Sungai-Sungai yang Berpotensi sebagai PLTMH di Kabupaten Malinau

Desa>Nama Sungai	Potensi Daya Mampu
Paking	30.8
Long Berang	34.65
Long Semamu	7.7
Long Pala	6.16
Long Pujungan	46.2
Long Aran	61.6
Long Alango	46.2
Apau Ping	18.48
Data Dian	7.7
Sei Anai & Metun	24.64
Long Sule & Long Pipa	288.75
Long Ampung/Metulang	26.95
Sei Barang	19.25
Long Uro & Lidung Payau	24.64
Mahak Baru & Dumu Mahak	61.6
Long Payau	86.625
TOTAL	791.945

Prinsip kerja dari PV adalah mengubah cahaya matahari menjadi listrik dengan menggunakan sel surya yang terbuat dari material semikonduktor. Selanjutnya sebanyak 36-40 buah sel surya tersebut dirangkai menjadi satu modul/panel surya. Teknologi PV dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, diantaranya *solar home system (SHS)*, lampu penerangan jalan umum tenaga surya (LPJUTS) dan pemompaan air tenaga surya. Sistem PV selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Skema Sistem Photovoltaik.

4.3.2.1 Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Surya Kabupaten Nunukan

Perhitungan potensi daya listrik dalam sistem PLTS dengan teknologi PV dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a) Identifikasi Rata-rata Radiasi Harian Matahari

Identifikasi besarnya radiasi matahari di lokasi yang ditargetkan, dicari dengan menggunakan *software* HOMER Energy. Seperti yang telah dijelaskan pada Bab Tinjauan Pustaka sebelumnya, HOMER Energy adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *National Renewable Energy Laboratory*. Aplikasi perangkat ini digunakan untuk mendesain dan mengevaluasi secara teknis maupun *financial* untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya. Data radiasi harian matahari (kWh/m^2) didapatkan dari NASA Surface Meteorology and Solar Energy dengan memasukkan koordinat lokasi berupa titik *latitude* dan *longitude* dari masing-masing kecamatan di Kabupaten Nunukan.

Berdasarkan koordinat lokasi yang dimasukkan kedalam perangkat lunak HOMER, maka didapatkan data rata-rata radiasi harian matahari di Kabupaten Nunukan yang ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Radiasi Harian Rata-Rata Matahari di Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara

Kecamatan	Latitude	Longitude	Radiasi Harian Rata-Rata (kwh/m ² /d)
Krayan	4°11'47.7"N	115°59'48.4"E	4.9373
Krayan Selatan	3°39'28.1"N	115°50'30.6"E	4.9007
Lumbis	3°45'30.1"N	116°61'39.1"E	4.7683
Lumbis Ogong	4°09'16.9"N	116°22'30.1"E	5.0533
Sembakung	3°46'52.1"N	117°03'32.5"E	4.7683
Nunukan	4°02'15.9"N	117°39'56.2"E	4.8816
Sei Menggaris	4°08'40.6"N	117°38'58.5"E	4.8816
Nunukan Selatan	4°05'01.7"N	117°41'58.4"E	4.8816
Sebuku	4°11'18.7"N	117°02'27.8"E	4.9982
Tulin Onsoi	4°22'18.6"N	117°05'31.1"E	4.9982
Sebatik	4°05'51.9"N	117°48'57.2"E	4.8816
Sebatik Timur	4°08'35.4"N	117°48'54.0"E	4.8816
Sebatik Tengah	4°11'18.5"N	117°46'37.4"E	4.8816
Sebatik Utara	4°09'20.5"N	117°48'01.4"E	4.8816
Sebatik Barat	4°08'03.6"N	117°44'34.5"E	4.8816
Rata-Rata			4.8985

b) Perhitungan Potensi Energi Surya

Berdasarkan data radiasi harian rata-rata matahari pada Tabel 4.17 dan dengan rata-rata lama penyinaran energi radiasi matahari dalam satu hari terjadi selama 8 jam, maka potensi energi surya yang mampu diterima oleh suatu daerah dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.6 berdasarkan rumus yang dipakai oleh Renewable Energy Innovation of United Kingdom (<http://www.re-innovation.co.uk>).

$$P_s = \frac{R_s \times LDP \times \frac{P}{100}}{8} \times 365 \quad (4.6)$$

dengan :

- Ps : Potensi energi surya (Kw)
Rs : Radiasi harian rata-rata (Kwh/m²)
LDP : Luas daerah potensi (m²)
P : Persentase daerah potensi (%)

Berdasarkan referensi yang didapatkan mengenai kajian pemanfaatan energi surya untuk PLTS yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu tugas akhir yang dikerjakan oleh Vian Vebrianto, mahasiswa Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya pada tahun 2010, dengan judul “*Studi Pengembangan Serta Penyusunan Rencana Energi Dan Kelistrikan Daerah Dengan Memanfaatkan Potensi Energi Daerah Di Kabupaten Lamongan Jawa Timur*”, maka perhitungan potensi energi surya dihitung untuk setiap kecamatan di Kabupaten Nunukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut:

- Luas daerah potensi yang digunakan sebesar 10% dari luas keseluruhan daerah (LDP)
- Pemanfaatan potensi energi surya terukur sebesar 50%
- Penyinaran radasi matahari berlangsung selama 8 jam per hari

Berikut ini adalah estimasi perhitungan awal untuk jumlah rumah tangga yang dapat dialiri dengan potensi yang telah dihitung per tahunnya untuk masing-masing kecamatan, terlihat dalam Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Potensi Energi Surya di Kabupaten Nunukan.

Kecamatan	Radiasi Harian Rata- Rata (Kwh/m ² /d)	Luas Daerah Potensi (m ²)	Prosentase Daerah Potensi (%)	Potensi Energi Surya per Tahun (Kwh)	Pemanfaatan (50%)	Potensi Total (Kw)
Krayan	4.9373	1834740000	10%	41330144472	20665072236	2359026.511
Krayan Selatan	4.9007	1757660000	10%	39300299902	19650149951	2243167.803
Lumbis	4.7683	290230000	10%	6314060672	3157030336	360391.5909
Lumbis Ogong	5.0533	3357010000	10%	77398152513	38699076257	4417702.769
Sembakung	4.7683	2042660000	10%	44438821531	22219410765	2536462.416
Nunukan	4.8816	564500000	10%	12572713350	6286356675	717620.625
Sei Menggaris	4.8816	850480000	10%	18942145704	9471072852	1081172.7
Nunukan Selatan	4.8816	181770000	10%	4048435971	2024217986	231075.1125
Sebuku	4.9982	1608480000	10%	36680240358	18340120179	2093621.025
Tulin Onsoi	4.9982	1513360000	10%	34511096531	17255548266	1969811.446
Sebatik	4.8816	51070000	10%	1137446361	568723180.5	64922.7375
Sebatik Timur	4.8816	39170000	10%	872405991	436202995.5	49794.8625
Sebatik Tengah	4.8816	47710000	10%	1062611433	531305716.5	60651.3375
Sebatik Utara	4.8816	15390000	10%	342770697	171385348.5	19564.5375
Sebatik Barat	4.8816	93270000	10%	2077337421	1038668711	118569.4875
Rata-Rata	4.898473333	14,247,500,000	10%	321,029,000,000	160,514,000,000	18,323,554.96

4.3.2.2 Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Surya Kabupaten Malinau

Sama halnya dengan perhitungan yang telah dilakukan pada Kabupaten Nunukan, perhitungan potensi energi surya berdasarkan hasil identifikasi di Kabupaten Malinau dalam sistem PLTS dengan teknologi PV dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a) Identifikasi Rata-rata Radiasi Harian Matahari

Identifikasi besarnya radiasi matahari di lokasi yang ditargetkan, dicari dengan menggunakan *software* HOMER Energy. Seperti yang telah dijelaskan pada Bab Tinjauan Pustaka sebelumnya, HOMER Energy adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *National Renewable Energy Laboratory*. Aplikasi perangkat ini digunakan untuk mendesain dan mengevaluasi secara teknis maupun *financial* untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya. Data radiasi harian matahari (kWh/m^2) didapatkan dari NASA Surface Meteorology and Solar Energy dengan memasukkan koordinat lokasi berupa titik *latitude* dan *longitude* dari masing-masing kecamatan di Kabupaten Nunukan.

Berdasarkan koordinat lokasi yang dimasukkan kedalam perangkat lunak HOMER, maka didapatkan data rata-rata radiasi harian matahari di Kabupaten Malinau yang ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Radiasi Harian Rata-Rata Matahari di Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara.

Kecamatan	Latitude	Longitude	Radiasi Harian Rata-Rata (kwh/m²/d)
Mentarang	3°34'13.4"N	116°23'15.5"E	4.848
Malinau Kota	3°35'17.6"N	116°38'48.4"E	4.728
Pujungan	2°35'44.3"N	115°43'16.5"E	4.941
Kayan Hilir	1°56'21.4"N	115°35'33.8"E	4.993
Kayan Hulu	1°47'48.5"N	114°50'29.3"E	5.156
Malinau Selatan	3°03'56.0"N	116°26'36.5"E	4.789
Malinau Utara	3°41'10.7"N	116°30'38.6"E	4.844
Malinau Barat	3°24'07.0"N	116°38'15.1"E	4.811
Sungai Boh	1°25'08.3"N	115°19'39.8"E	4.995
Kayan Selatan	1°26'57.0"N	114°58'43.9"E	5.023
Bahau Hulu	2°59'08.6"N	115°50'39.4"E	4.825
Mentarang Hulu	3°44'46.0"N	116°15'51.0"E	4.844
Malinau Selatan Hilir *)	*)Bergabung dengan kecamatan induk (Malinau Selatan Hilir & Malinau Selatan Hulu di Kec. Malinau Selatan; Sungai Tubu di Kec. Mentarang)		
Malinau Selatan Hulu *)			
Sungai Tubu *)			
Rata-Rata / Jumlah			4.900

b) Perhitungan Potensi Energi Surya

Berdasarkan data radiasi harian rata-rata matahari pada Tabel 4.13 dan dengan rata-rata lama penyinaran energi radiasi matahari dalam satu hari terjadi selama 8 jam, maka potensi energi surya yang mampu diterima oleh suatu daerah dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.6.

Berdasarkan referensi yang didapatkan mengenai kajian pemanfaatan energi surya untuk PLTS yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu tugas akhir yang dikerjakan oleh Vian Vebrianto, mahasiswa Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya pada tahun 2010, dengan judul “Studi Pengembangan Serta Penyusunan Rencana Energi Dan Kelistrikan Daerah Dengan Memanfaatkan Potensi Energi Daerah Di Kabupaten Lamongan Jawa Timur”, maka perhitungan potensi energi surya dihitung

untuk setiap kecamatan di Kabupaten Nunukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut:

- Luas daerah potensi yang digunakan sebesar 10% dari luas keseluruhan daerah (LDP)
- Pemanfaatan potensi energi surya terukur sebesar 50%
- Penyinaran radasi matahari berlangsung selama 8 jam per hari

Berikut ini adalah estimasi perhitungan awal untuk jumlah rumah tangga yang dapat dialiri dengan potensi yang telah dihitung per tahunnya untuk masing-masing kecamatan, terlihat dalam Tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Potensi Energi Surya Kabupaten Malinau.

Kecamatan	Radiasi Harian Rata-Rata (Kwh/m ² /d)	Luas Daerah Potensi (m ²)	Prosentase Daerah Potensi (%)	Potensi Energi Surya per Tahun (Kwh)	Pemanfaatan (50%)	Potensi Total (Kw)
Mentarang	4.848	2883820000	10	63782828770.42	31891414385.21	3640572.42
Malinau Kota	4.728	122920000	10	2651662250.42	1325831125.21	151350.59
Pujungan	4.941	6762920000	10	152456047653.96	76228023826.98	8701829.20
Kayan Hilir	4.993	11876640000	10	270561055407.50	135280527703.75	15442982.61
Kayan Hulu	5.156	651670000	10	15329056916.04	7664528458.02	874946.17
Malinau Selatan	4.789	3733810000	10	81585887661.98	40792943830.99	4656728.75
Malinau Utara	4.844	776360000	10	17159318984.17	8579659492.08	979413.18
Malinau Barat	4.811	754430000	10	16561314158.49	8280657079.24	945280.49
Sungai Boh	4.995	3234590000	10	73710376018.33	36855188009.17	4207213.24
Kayan Selatan	5.023	3223810000	10	73880238467.45	36940119233.72	4216908.59
Bahau Hulu	4.825	2872990000	10	63242904417.66	31621452208.83	3609754.82
Mentarang Hulu	4.844	2872360000	10	63474757698.75	31737378849.38	3622988.45
Malinau Selatan Hilir *)						
Malinau Selatan Hulu *)						
Sungai Tubu *)						
Rata-Rata	4.900	39766320000	10	894395448405	447197724202.58	51049968.52

4.4 Hasil Perhitungan Potensi Energi Terbarukan

Pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan lebih lanjut terhadap hasil perhitungan identifikasi potensi energi terbarukan untuk masing-masing energi mikrohidro dan energi surya.

4.4.1 Hasil Perhitungan Potensi Energi Mikrohidro

Pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan persentase jumlah rumah tangga yang dapat teraliri listrik berdasarkan hasil perhitungan potensi energi mikrohidro dengan daya dibangkitkan yang telah dihitung pada sub bab 4.3.1.

4.4.1.1 Hasil Perhitungan Potensi Energi Mikrohidro di Kabupaten Nunukan

Dengan data total potensi yang telah diidentifikasi pada Sungai Sembakung yaitu sebesar 385 Kw, maka dari itu diperlukan perhitungan awal pemanfaatan energi mikrohidro tersebut untuk sektor rumah tangga sebagai data estimasi. Untuk itu, perlu diidentifikasi pula jumlah kebutuhan listrik tiap rumah tangga atau daya listrik yang dikeluarkan tiap rumah tangga per harinya. Berikut ini adalah rancangan kebutuhan daya rumah tangga yang didapatkan dari perhitungan Badan Perencanaan dan Pengembangan Daerah Kota Tarakan dalam kajian “Masterplan Pengembangan Energi Alternatif Berbasis SDA Tidak Terbatas”, yang disajikan pada Tabel 4.21.

Rancangan daya yang dibutuhkan oleh satu rumah tangga per harinya pada Tabel 4.18, bertujuan untuk melihat besar potensi dari energi mikrohidro dalam memenuhi permintaan kebutuhan listrik untuk beberapa jumlah rumah tangga. Namun, dengan mengikuti standar daya jual listrik yang disuplai oleh PT PLN, daya listrik yang dibutuhkan untuk tiap rumah tangga per hari yaitu sebesar 450 VA untuk golongan R-1 (golongan Rumah Tangga dengan besar suplai daya listrik terkecil), atau setara dengan 450 watt. Maka dari itu dengan potensi daya pasang sebesar 500 Kw dan potensi daya mampu sebesar 385 Kw tersebut, dilakukan perhitungan awal estimasi jumlah rumah tangga yang dapat dialiri berdasarkan daya listrik minimal yang dijual oleh PLN per rumah tangga, yaitu sebagai berikut:

$$\frac{385 \text{ Kw} \times 1000}{450 \text{ watt}} = 856 \text{ unit Rumah Tangga}$$

Tabel 4. 21 Rancangan Kebutuhan Daya per Rumah Tangga (Bappeda Kota Tarakan, 2014).

Beban	Satuan	Daya	Total
Penerangan :			
- Lampu TL atau flourence	5 buah	8 watt	40 watt
Elektronik			
- Televisi warna sampai 21"	1 unit	100 watt	100 watt
- Lain-lain	1 set	100 watt	100 watt
Beban motor			
- Pompa air	1 unit	100 watt	100 watt
Desain daya pada beban puncak			240 watt
Kebutuhan daya per rumah tangga			340 watt

Dengan demikian, dengan potensi daya mampu sebesar 385 Kw, dapat teraliri sebanyak 856 unit rumah tangga jika masing-masing rumah tangga tersebut diasumsikan membeli listrik sebesar 450 watt sesuai dengan standar minimal daya jual PT PLN. Untuk perencanaan kebutuhan energi listrik rumah tangga atau masyarakat lebih lanjutnya akan dibahas pada sub bab berikutnya.

Tabel 4. 22 Persentase Rumah Tangga yang Dapat Teraliri Listrik PLTMH di Kabupaten Nunukan.

Tahun	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Proyeksi Jumlah RT	37949	40365	42934	45667	48575	51667	54956	58453	62174
Jumlah RT Teraliri Listrik PLTMH	856	856	856	856	856	856	856	856	856
Persentase	2.26%	2.12%	1.99%	1.87%	1.76%	1.66%	1.56%	1.46%	1.38%
Tahun	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Proyeksi Jumlah RT	66132	70341	74817	79579	84643	90030	95760	101854	108336
Jumlah RT Teraliri Listrik PLTMH	856	856	856	856	856	856	856	856	856
Persentase	1.29%	1.22%	1.14%	1.08%	1.01%	0.95%	0.89%	0.84%	0.79%

4.4.1.2 Hasil Perhitungan Potensi Energi Mikrohidro di Kabupaten Malinau

Dengan data total potensi yang telah diidentifikasi pada masing-masing sungai, maka dari itu diperlukan perhitungan awal pemanfaatan energi mikrohidro tersebut untuk sektor rumah tangga. Untuk itu, perlu diidentifikasi pula jumlah kebutuhan listrik tiap rumah tangga atau daya listrik yang dibeli rumah tangga per harinya. Berdasarkan daya jual minimum yang tersuplai oleh PT PLN untuk rumah tangga, yaitu sebesar 450 VA atau setara dengan 450 watt, maka akan dilakukan perhitungan jumlah rumah tangga yang dapat teraliri listrik dengan besar potensi daya mampu yang telah dihitung dalam Tabel 4.16.

Dengan potensi daya pasang total untuk seluruh sungai di Kabupaten Malinau adalah sebesar 1028.5 Kw dan potensi daya mampu sebesar 791.945 Kw tersebut, dilakukan perhitungan awal estimasi jumlah rumah tangga yang dapat dialiri berdasarkan kebutuhan daya listrik rumah tangga per hari yaitu sebesar 450 watt, yaitu sebagai berikut:

$$\frac{791.945 \text{ Kw} \times 1000}{450 \text{ watt}} = 1760 \text{ unit Rumah Tangga}$$

Dengan demikian, dengan potensi daya mampu sebesar 791.945 Kw, dapat teraliri sebanyak 1760 unit rumah tangga jika masing-masing rumah tangga tersebut diasumsikan memerlukan energi listrik sebesar 450 watt sesuai dengan standar daya jual PT PLN.

Tabel 4. 23 Persentase Rumah Tangga yang Dapat Teraliri Listrik PLTMH di Kabupaten Malinau.

Tahun	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Proyeksi Jumlah RT	13433	13497	13562	13627	13692	13758	13824	13890	13957
Jumlah RT Teraliri Listrik PLTMH	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760
Persentase	13.10%	13.04%	12.98%	12.92%	12.85%	12.79%	12.73%	12.67%	12.61%
Tahun	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Proyeksi Jumlah RT	14024	14091	14159	14227	14295	14363	14432	14501	14571
Jumlah RT Teraliri Listrik PLTMH	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760
Persentase	12.55%	12.49%	12.43%	12.37%	12.31%	12.25%	12.20%	12.14%	12.08%

Untuk perencanaan kebutuhan energi listrik rumah tangga atau masyarakat lebih lanjutnya akan dibahas pada sub bab berikutnya.

4.4.2 Hasil Perhitungan Potensi Energi Surya

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai perhitungan daya yang dibangkitkan PLTS dari hasil identifikasi potensi energi surya, beserta dengan kebutuhan jumlah modul PV dan luas area array PV yang dibutuhkan.

4.4.2.1 Hasil Perhitungan Potensi Energi Surya di Kabupaten Nunukan

Berdasarkan potensi energi surya yang telah teridentifikasi dan telah dihitung jumlahnya, kemudian dilakukan perhitungan lebih lanjut mengenai hasil identifikasi

potensi energi surya, beserta dengan kebutuhan jumlah modul PV dan luas area array PV yang dibutuhkan di Kabupaten Nunukan.

a) Perhitungan Daya yang Dibangkitkan PLTS

Perhitungan daya yang dibangkitkan PLTS ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan modul PV, *area array* (PV Area) , dan daya yang mampu dibangkitkan PLTS. Urutan perhitungan potensi energi surya ini dimulai dengan menghitung total wattpeak yang dibutuhkan dari modul PV untuk masing-masing kabupaten, dengan *inefficiency factor* dari modul surya sebesar 80% dan rata-rata penyinaran matahari per hari selama 8 jam. Setelah itu dilakukan perhitungan luas area PV, atau berapa luas area yang dibutuhkan untuk membangun PLTS sesuai dengan daya yang akan dibangkitkan nantinya. Parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan luas area PV antara lain efisiensi in panel surya yaitu sebesar 15%, efisiensi out dari panel surya yaitu sebesar 90%, serta TCF yang menyesuaikan dengan temperatur daerah masing-masing (36°C) yaitu sebesar 0.97. Setelah diketahui luas area yang dibutuhkan untuk membangun PLTS di masing-masing kecamatan tiap kabupaten, kemudian dihitung besarnya daya yang akan dibangkitkan.

1. Menghitung kebutuhan modul PV

Modul PV diasumsikan mempunyai *inefficiency factor* sebesar 80% dengan rata-rata lama penyinaran matahari di Kabupaten Nunukan seperti halnya di Indonesia adalah sebesar 8 jam. Perhitungan kebutuhan modul PV dilakukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan modul PV dalam satuan *watt peak* dari total potensi energi surya yang ada. Perhitungan ditunjukkan pada Persamaan 4.7 dan Persamaan 4.8 berdasarkan Renewable Energy Innovation of United Kingdom (<http://www.re-innovation.co.uk>) sebagai berikut:

$$Total\ Potensi\ Energi\ Surya = \frac{Energi\ Surya\ per\ Tahun\ (Kwh)}{365 \times 24} \times 1000 \quad (4.7)$$

$$Total\ Potensi\ Energi\ Surya = Total\ Potensi\ Energi\ Surya\ per\ th \times 16 \quad (4.8)$$

Tabel 4. 24 Perhitungan Total Potensi Energi Surya Tahun 2015-2030 (watt) di
Kabupaten Nunukan

Energi Surya per Tahun (Kwh)	18,323,554.96
Total Potensi Energi Surya di Kabupaten Nunukan (watt)	2,091,730.018
Total Potensi Energi Surya Tahun 2015-2030 (watt)	33,467,680.29

Total potensi energi surya yang dibangkitkan di Kabupaten Nunukan hingga tahun 2030 didapatkan total sebesar 33,467,680.29 watt. Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan modul PV dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.9 berdasarkan Renewable Energy Innovation of United Kingdom (<http://www.re-innovation.co.uk>) sebagai berikut:

$$Total\ Wp\ Panel\ PV = \frac{Inefficiency\ Factor \times Potensi\ Energi\ Surya\ Per\ Hari\ (watt)}{Lama\ Penyinaran\ Matahari} \quad (4.9)$$

$$Total\ Wp\ Panel\ PV = \frac{80\% \times 2,091,730.018\ watt}{8\ hours} = 209,173\ Wp$$

2. Menghitung Area Array (PV Area)

Luas area array dihitung dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$PV\ Area = \frac{E_L}{G_{AV} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (4.10)$$

(Sumber: Renewable Energy Innovation of United Kingdom)

dengan:

E_L = Besar pemakaian energi listrik (Kwh)

G_{AV} = Insolasi harian matahari (Kwh/m²)

η_{PV} = Efisiensi panel surya (%)

TCF = Temperature Correction Factor (TCF)

η_{out} = Efisiensi out (%)

Efisiensi panel surya diketahui sebesar 15%. Sedangkan TCF dapat dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}C}}{P_{MPP}}$$

(Sumber: Renewable Energy Innovation of United Kingdom)

Setiap kenaikan temperatur 1⁰C (dari temperatur standar sebesar 25⁰C) pada panel surya, maka akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0.5% (Foster, 2010). Rata-rata data temperatur maksimum untuk Provinsi Kalimantan Utara adalah sebesar 36⁰C, sehingga menunjukkan adanya peningkatan suhu sebesar 11⁰C. Besarnya daya yang berkurang akibat kenaikan temperatur digunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{saat naik } 6^{\circ}C} = 0,5\% / ^{\circ}C \times P_{MPP} \times \text{kenaikan temperature } (^{\circ}C)$$

(Sumber: Renewable Energy Innovation of United Kingdom)

$$\begin{aligned} P_{\text{saat naik } 6^{\circ}C} &= 0,5\% / ^{\circ}C \times 33,467,680.29 \text{ watt} \times 6^{\circ}C \\ &= 1,004,030.409 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 36⁰C, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (<http://www.re-innovation.co.uk>):

$$P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}C} = P_{MPP} - P_{\text{saat naik } ^{\circ}C} \quad (4.11)$$

$$\begin{aligned} P_{MPP \text{ saat } t = 36^{\circ}C} &= 33,467,680.29 \text{ watt} - 1,004,030.409 \text{ watt} \\ &= 32,463,649.88 \text{ watt} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya diatas, maka nilai TCF dapat dihitung sebagai berikut:

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}C}}{P_{MPP}} = \frac{32,463,649.88 \text{ watt}}{33,467,680.29 \text{ watt}} = 0.97$$

Efisiensi out ditentukan berdasarkan efisiensi komponen-komponen yang melengkapi PLTS. Jika diasumsikan efisiensi out sebesar 90%, maka PV area yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan 4.10 adalah sebesar:

$$PV \text{ Area} = \frac{18,323,554.96 \text{ Kwh}}{4.898 \text{ Kwh}/m^2 \times 0.15 \times 0.97 \times 0.90}$$

$$PV \text{ Area} = 28,565,609 \text{ m}^2$$

PV area dari masing-masing kecamatan di Kabupaten Nunukan, dapat ditunjukkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4. 25 PV Area Masing-Masing Kecamatan di Kabupaten Nunukan.

Kecamatan	PV Area (m ²)
Krayan	3648697.022
Krayan Selatan	3495410.144
Lumbis	577172.4259
Lumbis Ogong	6675993.541
Sembakung	4062181.812
Nunukan	1122605.638
Sei Menggaris	1691326.206
Nunukan Selatan	361481.0042
Sebuku	3198739.977
Tulin Onsoi	3009577.447
Sebatik	101561.5057
Sebatik Timur	77896.30266
Sebatik Tengah	94879.56599
Sebatik Utara	30605.6701
Sebatik Barat	185483.4861
TOTAL	28,565,609

3. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (*Watt peak*)

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya daya yang dibangkitkan adalah sebagai berikut menurut Renewable Energy Innovation of United Kingdom:

$$P \text{ (watt peak)} = \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} \quad (4.12)$$

Dari perhitungan sebelumnya yang didapatkan area array sebesar 28,565,609 m² dan PSI (Peak Sun Insolation) sebesar 1000 W/m² serta efisiensi panel surya sebesar 15% maka:

$$\begin{aligned}
 P \text{ (watt peak)} &= \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} \\
 &= 28,565,609 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0.15 \\
 &= 4,284,841,319 \text{ watt peak}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan pembangkitan daya diatas ditunjukkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Perhitungan Pembangkitan Daya Kabupaten Nunukan
Tahun 2015-2030.

Uraian	Jumlah
Total Potensi Energi Surya (watt)	2,091,730.018
Kebutuhan Besarnya Modul PV (watt peak)	209,173
TCF	0.97
PV Area (m ²)	28,565,609
Daya yang dibangkitkan (watt peak)	4,284,841,319

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka setiap tahunnya daya yang mampu dibangkitkan setelah dilakukan pembulatan adalah sebesar 4,284,841,319 *wattpeak*. Pada Tabel 4.27 akan disajikan mengenai rekapitulasi perhitungan pembangkitan daya listrik dengan potensi energi surya teridentifikasi untuk setiap tahunnya.

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Perhitungan Pembangkitan Daya Tahun Kabupaten
Nunukan.

Uraian	Jumlah
Potensi Energi Surya Tahun (watt)	130,733
Kebutuhan Besarnya Modul PV (wattpeak)	13,073
TCF	0.97
PV Area (m ²)	1,785,351
Daya yang dibangkitkan (watt peak)	267,802,582

b) Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangunan PLTS secara keseluruhan membutuhkan waktu sekitar 18 bulan hingga dua tahun (Barito, 2014). Berdasarkan asumsi proyek pembangunan akan dijalankan mulai tahun 2015 maka perencanaan PLTS ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pada tahun 2017. PLTS yang direncanakan dalam tugas akhir

ini diasumsikan akan mensuplai energi listrik mengikuti standar suplai listrik PLN untuk sektor rumah tangga kategori R-1, yaitu sebesar 450 watt atau setara dengan 10800 watt-hours untuk setiap rumah tangga dengan perkiraan kebutuhan energi listrik rumah tangga minimum sebesar 2380 watt-hours seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.28.

Tabel 4. 28 Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Rumah Tangga.

Beban	Satuan	Daya	Waktu	Total (Wh)
Penerangan :				
- Lampu TL atau flourence	5 buah	8 watt	12 jam/hari	480
Elektronik				
- Televisi warna sampai 21"	1 unit	100 watt	8 jam/hari	800
- Lain-lain	1 set	100 watt	8 jam/hari	800
Beban motor				
- Pompa air	1 unit	100 watt	3 jam/hari	300
Kebutuhan energi listrik per rumah tangga				2380

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap daya yang mampu dibangkitkan sebelumnya yaitu sebesar 4,284,841,319 wattpeak dan perkiraan kebutuhan daya rumah tangga yang akan disuplai oleh energi listrik maka akan didapatkan jumlah rumah tangga yang dapat teraliri energi listrik. Selanjutnya jumlah rumah tangga tersebut dibandingkan dengan hasil proyeksi jumlah rumah tangga di Kabupaten Nunukan yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendapatkan prosentase rumah tangga teraliri energi listrik. Rumus dari proyeksi jumlah rumah tangga Kabupaten Nunukan adalah sebagai berikut (PT PLN (Persero), 2014):

$$Proyeksi\ Jumlah\ RT = \frac{Proyeksi\ Jumlah\ Penduduk}{Rata-Rata\ Jumlah\ Penghuni\ Rumah\ Tangga} \quad (4.13)$$

- Daya yang dibangkitkan (*wattpeak*) = 267,802,582 wp
- Daya yang tersalurkan/tersuplai (*watthour*) = 450 watt

$$\text{Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS} = \frac{\text{Daya yang Dibangkitkan}}{\text{Daya yang Tersuplai}} \quad (4.13)$$

$$\text{Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS} = \frac{267,802,582 \text{ wp}}{450 \text{ w}}$$

$$\text{Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS} = 595,117 \text{ Rumah Tangga}$$

Dengan rata-rata jumlah penghuni rumah tangga Kabupaten Nunukan sebesar 4.6, maka didapatkan rekapitulasi perhitungan jumlah rumah tangga yang dapat dialiri dengan energi listrik hasil identifikasi potensi energi surya, disajikan dalam Tabel 4.29.

Tabel 4. 29 Persentase Rumah Tangga yang Dapat Teraliri Listrik Potensi Energi Surya di Kabupaten Nunukan.

Tahun	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Proyeksi Jumlah RT	37949	40365	42934	45667	48575	51667	54956	58453	62174
Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS	595117	595117	595117	595117	595117	595117	595117	595117	595117
Persentase	1568.2%	1474.3%	1386.1%	1303.2%	1225.2%	1151.8%	1082.9%	1018.1%	957.2%
Tahun	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Proyeksi Jumlah RT	66132	70341	74817	79579	84643	90030	95760	101854	108336
Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS	595117	595117	595117	595117	595117	595117	595117	595117	595117
Persentase	899.9%	846.1%	795.4%	747.8%	703.1%	661.0%	621.5%	584.3%	549.3%

Hasil dalam Tabel 4.29 menunjukkan bahwa persentase rumah tangga yang teraliri energi listrik tenaga surya dapat memenuhi seluruh kebutuhan listrik di Kabupaten Nunukan sebesar 100%. Hal tersebut mengartikan bahwa pemanfaatan energi terbarukan ini menjadi salah satu alternatif untuk membantu penyediaan energi listrik di Provinsi Kaltara. Selain itu dengan adanya energi terbarukan mampu mengurangi penggunaan energi fosil sebagai bahan baku energi listrik. Dengan jumlah pemenuhan kebutuhan listrik yang sangat berlebih (*exceed*) dibandingkan

dengan jumlah kebutuhan listrik masyarakatnya sendiri, maka dalam pemanfaatannya tidak akan dilakukan sebanyak 100%, hanya menyesuaikan jumlah kebutuhan energi listrik masyarakat berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan sebelumnya.

c) Perhitungan Kapasitas Komponen PLTS

PLTS terdiri dari beberapa komponen yaitu panel surya, baterai, inverter, dan komponen konstruksi PLTS lainnya. Perhitungan kapasitas komponen PLTS untuk membangkitkan sebesar daya diatas adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah panel surya

Spesifikasi panel surya dalam perencanaan kebutuhan listrik ini adalah panel surya yang memiliki P_{MPP} sebesar 240 Wp per panel. Perhitungan untuk dapat menentukan jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut berdasarkan Renewable Energy Innovation of United Kingdom (<http://www.re-innovation.co.uk>):

$$Jumlah\ Panel\ Surya = \frac{P_{wattpeak}}{P_{MPP}} \quad (4.15)$$

$$Jumlah\ Panel\ Surya = \frac{4,284,841,319\ wattpeak}{240\ wattpeak} = 17,853,505$$

Adapun rangkaian panel direncanakan membentuk array yang terdiri dari 4 rangkaian yang terhubung paralel dengan 1 rangkaian terdiri dari 20 panel yang terhubung secara seri. Panel surya yang digunakan dalam perencanaan adalah panel surya dengan spesifikasi $V_{MPP} = 30,56\ V$, $I_{MPP} = 7,87\ A$, dan $P_{MPP} = 240\ W$ per panel. Maka besar V_{MPP} , I_{MPP} dan P_{MPP} pada array dihitung sebagai berikut:

$$V_{MPP\ array} = 30,56\ V \times 20 = 611,2\ V$$

$$I_{MPP\ array} = 7,87\ A \times 4 = 31,48\ A$$

$$P_{MPP\ array} = 611,2 \times 31,48 = 19240.576\ W = 20000\ W$$

2. Menghitung kapasitas inverter

Berdasarkan kapasitas daya yang harus dilayani dari perhitungan diatas yaitu sebesar 20000 W, maka inverter yang dipilih diupayakan mendekati kapasitas daya tersebut.

3. Menghitung jumlah baterai

Baterai yang digunakan untuk PLTS adalah baterai jenis *lead-acid*. Pemilihan baterai haruslah memperhatikan aturan berikut :

1. Baterai dapat melayani kebutuhan 3-5 hari tanpa sinar matahari
2. Baterai tidak boleh terkuras lebih dari 50%
3. Faktor efisiensi baterai minimal sebesar 80%

Kebutuhan jumlah baterai dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan daya per lokasi. Besaran baterai disimbolkan dengan Ah, sehingga perhitungan untuk menentukan besarnya Ah baterai dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik per hari} &= 4,284,841,319 \text{ Wp} \\ \text{Suplai battery} &= 80\% \times 4,284,841,319 \text{ Wp} \\ &= 3,427,873,055 \text{ Wp} \\ \text{Penyimpanan battery} &= 3,427,873,055 \text{ Wp} \times 4 \text{ hari} \\ &= 13,711,492,222 \text{ Wp} \\ \text{Ukuran penyimpanan battery} &= 13,711,492,222 \text{ Wp} \times 50\% \\ &= 6,855,746,111 \text{ Wp} \\ \text{Kebutuhan battery} &= 6,855,746,111 \text{ W} / 2 \text{ Volt} / 2000 \text{ Amp} \\ &= 1,713,936 \text{ battery } 1000 \text{ Ah}\end{aligned}$$

4.4.2.2 Hasil Perhitungan Potensi Energi Surya di Kabupaten Malinau

Berdasarkan potensi energi surya yang telah teridentifikasi dan telah dihitung jumlahnya, kemudian dilakukan perhitungan lebih lanjut mengenai hasil identifikasi

potensi energi surya, beserta dengan kebutuhan jumlah modul PV dan luas area array PV yang dibutuhkan di Kabupaten Malinau.

a) Perhitungan Daya yang Dibangkitkan PLTS

Perhitungan daya yang dibangkitkan PLTS ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan modul PV, *area array* (PV Area) , dan daya yang mampu dibangkitkan PLTS.

1. Menghitung kebutuhan modul PV

Modul PV diasumsikan mempunyai *inefficiency factor* sebesar 80% dengan rata-rata lama penyinaran matahari di Kabupaten Nunukan seperti halnya di Indonesia adalah sebesar 8 jam. Perhitungan kebutuhan modul PV dilakukan untuk mengetahui besanya kebutuhan modul PV dalam satuan *watt peak* dari total potensi energi surya yang ada.

Tabel 4. 30 Perhitungan Total Potensi Energi Surya Tahun 2015-2030 (watt) di Kabupaten Malinau.

Energi Surya per Tahun (Kwh)	51,049,968.52
Total Potensi Energi Surya di Kabupaten Malinau (watt)	5,827,621.977
Total Potensi Energi Surya Tahun 2015-2030 (watt)	93,241,951.63

Total potensi energi surya yang dibangkitkan di Kabupaten Malinau hingga tahun 2030 didapatkan total sebesar 93,241,951.63 watt. Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan modul PV dihitung dengan menggunakan rumus dalam Persamaan 4.9 sebagai berikut:

$$Total Wp \text{ dari Panel PV} = \frac{80\% \times 5,827,621.977 \text{ watt}}{8 \text{ hours}} = 582,762 \text{ Wp}$$

2. Menghitung Area Array (PV Area)

Luas area array dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.10, sama halnya dengan perhitungan luas area array untuk Kabupaten Nunukan. Efisiensi panel surya diketahui sebesar 15%. Sedangkan TCF dapat dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut berdasarkan Renewable Energy Innovation of United Kingdom (<http://www.re-innovation.co.uk>):

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ C}}}{P_{MPP}}$$

Setiap kenaikan temperatur 1°C (dari temperatur standar sebesar 25°C) pada panel surya, maka akan mengakibatkan data yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0.5% (Foster, 2010). Rata-rata data temperatur maksimum untuk Provinsi Kalimantan Utara adalah sebesar 36°C , sehingga menunjukkan adanya peningkatan suhu sebesar 11°C . Besarnya daya yang berkurang akibat kenaikan temperatur digunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{saat naik } 6^{\circ}\text{C}} &= 0,5\% / ^{\circ}\text{C} \times P_{MPP} \times \text{kenaikan temperature } (^{\circ}\text{C}) \\ &= 0,5\% / ^{\circ}\text{C} \times 93,241,951.63 \text{ watt} \times 6^{\circ}\text{C} \\ &= 2,797,258.549 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 36°C , dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.11, sehingga menghasilkan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{MPP \text{ saat } t = 36^{\circ}\text{C}} &= 93,241,951.63 \text{ watt} - 2,797,258.549 \text{ watt} \\ &= 90,444,693.08 \text{ watt} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya diatas, maka nilai TCF dapat dihitung sebagai berikut:

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}C}}{P_{MPP}} = \frac{90,444,693.08 \text{ watt}}{93,241,951.63 \text{ watt}} = 0.97$$

Efisiensi out ditentukan berdasarkan efisiensi komponen-komponen yang melengkapi PLTS. Jika diasumsikan efisiensi out sebesar 90%, maka PV area yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan 4.10 adalah sebesar:

$$PV \text{ Area} = \frac{51,049,968.52 \text{ Kwh}}{4.9 \text{ Kwh/m}^2 \times 0.15 \times 0.97 \times 0.90}$$

$$PV \text{ Area} = 79,564,913 \text{ m}^2$$

PV area dari masing-masing kecamatan di Kabupaten Malinau, dapat ditunjukkan pada Tabel 4.31.

Tabel 4. 31 PV Area Masing-Masing Kecamatan di Kabupaten Malinau.

Kecamatan	PV Area
Mentarang	50238368652
Malinau Kota	2141361207
Pujungan	1.17815E+11
Kayan Hilir	2.069E+11
Kayan Hulu	11352594024
Malinau Selatan	65045850038
Malinau Utara	13524789996
Malinau Barat	13142752482
Sungai Boh	56349052596
Kayan Selatan	56161256682
Bahau Hulu	50049701699
Mentarang Hulu	50038726613
TOTAL	79,564,913.33

3. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (*Watt peak*)

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya daya yang dibangkitkan tercantum dalam persamaan 4.12 yang digunakan pula dalam perhitungan sebelumnya di Kabupaten Nunukan.

Dari perhitungan sebelumnya yang didapatkan area array sebesar 28,565,609 m² dan PSI (Peak Sun Insolation) sebesar 1000 W/m² serta efisiensi panel surya sebesar 15% maka:

$$\begin{aligned} P (\text{watt peak}) &= \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} (\text{http://www.re-innovation.co.uk}) \\ &= 79,564,913.33 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0.15 \\ &= 11,934,736,999 \text{ watt peak} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan pembangkitan daya diatas ditunjukkan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Rekapitulasi Perhitungan Pembangkitan Daya Kabupaten Malinau Tahun 2015-2030.

Uraian	Jumlah
Total Potensi Energi Surya Perhari (watt)	5,827,621.98
Kebutuhan Besarnya Modul PV (watt peak)	582,762
TCF	0.97
PV Area (m ²)	79,564,913
Daya yang dibangkitkan (watt peak)	11,934,736,999

Berdasarkan perhitungan diatas maka setiap tahunnya daya yang mampu dibangkitkan setelah dilakukan pembulatan adalah sebesar 11,934,736,999 *wattpeak*. Pada Tabel 4.33 akan disajikan mengenai rekapitulasi perhitungan pembangkitan daya listrik dengan potensi energi surya teridentifikasi untuk setiap tahunnya.

Tabel 4.33 Rekapitulasi Perhitungan Pembangkitan Daya Pertahun Kabupaten Malinau.

Uraian	Jumlah
Potensi Energi Surya Pertahun (watt)	364,226
Kebutuhan Besarnya Modul PV (wattpeak)	36,423
TCF	0.97
PV Area (m ²)	4,972,807
Daya yang dibangkitkan (watt peak)	745,921,062

b) Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangunan PLTS secara keseluruhan membutuhkan waktu sekitar 18 bulan hingga dua tahun (Barito, 2014). Berdasarkan asumsi proyek pembangunan akan dijalankan mulai tahun 2015 maka perencanaan PLTS ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pada tahun 2017. PLTS yang direncanakan dalam tugas akhir ini diasumsikan akan mensuplai energi listrik mengikuti standar suplai listrik PLN untuk sektor rumah tangga kategori R-1, yaitu sebesar 450 watt atau setara dengan 10800 watt-hours untuk setiap rumah tangga dengan perkiraan kebutuhan energi listrik rumah tangga minimum sebesar 2380 watt-hours seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap daya yang mampu dibangkitkan sebelumnya yaitu sebesar 11,934,736,999 wattpeak dan perkiraan kebutuhan daya rumah tangga yang akan disuplai oleh energi listrik maka akan didapatkan jumlah rumah tangga yang dapat teraliri energi listrik. Selanjutnya jumlah rumah tangga tersebut dibandingkan dengan hasil proyeksi jumlah rumah tangga di Kabupaten Malinau yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendapatkan prosentase rumah tangga teraliri energi listrik. Rumus dari proyeksi jumlah rumah tangga Kabupaten Malinau yaitu sebagai berikut:

$$\text{Proyeksi Jumlah RT} = \frac{\text{Proyeksi Jumlah Penduduk}}{\text{Rata - Rata Jumlah Penghuni Rumah Tangga}}$$

- Daya yang dibangkitkan (*wattpeak*) = 745,921,062 wp
- Daya yang tersalurkan/tersuplai (*watthour*) = 450 watt

$$\text{Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS} = \frac{745,921,062 \text{ wp}}{450 \text{ w}}$$

$$\text{Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS} = 1,657,602 \text{ Rumah Tangga}$$

Dengan rata-rata jumlah penghuni rumah tangga Kabupaten Nunukan sebesar 5, maka didapatkan rekapitulasi perhitungan jumlah rumah tangga yang dapat dialiri dengan energi listrik hasil identifikasi potensi energi surya, disajikan dalam Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Persentase Rumah Tangga yang Dapat Dialiri Berdasarkan Potensi Energi Surya di Kabupaten Malinau.

Tahun	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Proyeksi Jumlah RT	13433	13497	13562	13627	13692	13758	13824	13890	13957
Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602
Persentase	12340%	12281%	12223%	12164%	12106%	12048%	11991%	11934%	11877%
Tahun	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Proyeksi Jumlah RT	14024	14091	14159	14227	14295	14363	14432	14501	14571
Jumlah RT Teraliri Listrik PLTS	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602	1657602
Persentase	11820%	11763%	11707%	11651%	11596%	11541%	11486%	11431%	11376%

Hasil dalam Tabel 4.34 menunjukkan bahwa persentase rumah tangga yang teraliri energi listrik tenaga surya telah mampu memenuhi seluruh kebutuhan listrik di Kabupaten Nunukan. Namun perlu dilakukan analisis kelayakan dalam tahapan selanjutnya dari segi ekonomis pembangunan PLTS yang telah direncanakan. Dengan jumlah pemenuhan kebutuhan listrik yang sangat berlebih (*exceed*) dibandingkan

dengan jumlah kebutuhan listrik masyarakatnya sendiri, maka dalam pemanfaatannya tidak akan dilakukan sebanyak 100%, hanya menyesuaikan jumlah kebutuhan energi listrik masyarakat berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan sebelumnya.

c) Perhitungan Kapasitas Komponen PLTS

PLTS terdiri dari beberapa komponen yaitu panel surya, baterai, inverter, dan komponen konstruksi PLTS lainnya. Perhitungan kapasitas komponen PLTS untuk membangkitkan sebesar daya diatas adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah panel surya

Spesifikasi panel surya dalam perencanaan kebutuhan listrik ini adalah panel surya yang memiliki P_{MPP} sebesar 240 Wp per panel. Perhitungan untuk dapat menentukan jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Jumlah\ Panel\ Surya = \frac{11,934,736,999\ wattpeak}{240\ wattpeak} = 49,728,070.83$$

Adapun rangkaian panel direncanakan membentuk array yang terdiri dari 4 rangkaian yang terhubung paralel dengan 1 rangkaian terdiri dari 20 panel yang terhubung secara seri. Panel surya yang digunakan dalam perencanaan adalah panel surya dengan spesifikasi $V_{MPP} = 30,56\ V$, $I_{MPP} = 7,87\ A$, dan $P_{MPP} = 240\ W$ per panel. Maka besar V_{MPP} , I_{MPP} dan P_{MPP} pada array dihitung sebagai berikut :

$$V_{MPP}\ array = 30,56\ V \times 20 = 611,2\ V$$

$$I_{MPP}\ array = 7,87\ A \times 4 = 31,48\ A$$

$$P_{MPP}\ array = 611,2 \times 31,48 = 19240.576\ W = 20000\ W$$

2. Menghitung kapasitas inverter

Berdasarkan kapasitas daya yang harus dilayani dari perhitungan diatas yaitu sebesar 20000 W, maka inverter yang dipilih diupayakan mendekati kapasitas daya tersebut.

3. Menghitung jumlah baterai

Baterai yang digunakan untuk PLTS adalah baterai jenis *lead-acid*. Pemilihan baterai haruslah memperhatikan aturan berikut :

1. Baterai dapat melayani kebutuhan 3-5 hari tanpa sinar matahari
2. Baterai tidak boleh terkuras lebih dari 50%
3. Faktor efisiensi baterai minimal sebesar 80%

Kebutuhan jumlah baterai dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan daya per lokasi. Besaran baterai disimbolkan dengan Ah, sehingga perhitungan untuk menentukan besarnya Ah baterai dihitung sebagai berikut:

Kebutuhan beban listrik per hari	= 11,934,736,999 W
Suplai battery	= 80% x 11,934,736,999 W = 9,547,789,599 W
Penyimpanan battery	= 9,547,789,599 W x 4 hari = 38,191,158,398 W
Ukuran penyimpanan battery	= 38,191,158,398 W x 50% = 19,095,579,199 W
Kebutuhan battery	= 19,095,579,199 W / 2 Volt/ 2000Amp = 4,773,894.8 battery 1000 Ah

4.5 Perhitungan Aspek Ekonomis Pembangkit Listrik

Dalam sub bab ini akan dihitung biaya pembangunan dari masing-masing jenis pembangkit yaitu PLTMH dan PLTS, dimulai dari biaya komponen penyusun, biaya transmisi, operasional & *maintenance*, hingga perhitungan harga jual listrik dari

masing-masing jenis pembangkit. Dengan potensi yang tersebar di masing-masing kabupaten, maka dilakukan pula analisis kelayakan finansial (aspek ekonomis) dengan melakukan perhitungan NPV dari masing-masing pembangkit yang akan dibangun.

Pada Tabel 4.35 ditunjukkan data persentase inflasi tiap tahunnya berdasarkan data historis inflasi:

Tabel 4. 35 Data Proyeksi Persentase Inflasi Tahun 2015-2030.

Tahun	% Inflasi
2015	4.84%
2016	4.60%
2017	4.38%
2018	4.17%
2019	3.96%
2020	3.77%
2021	3.59%
2022	3.42%
2023	3.25%
2024	3.09%
2025	2.94%
2026	2.80%
2027	2.66%
2028	2.53%
2029	2.41%
2030	2.29%

4.5.1 Perhitungan Aspek Ekonomis PLTMH

Dalam sub bab ini akan dihitung biaya pembangunan dari PLTMH beserta biaya transmisi, operasional dan *maintenance*, selain itu juga akan dihitung harga jual dari listrik yang dihasilkan oleh PLTMH, hingga melakukan perhitungan NPV untuk menguji kelayakan finansial dari PLTMH yang akan dibangun.

4.5.1.1 Identifikasi Biaya Pembangunan PLTMH

Perhitungan biaya investasi atau *capital cost* meliputi biaya komponen PLTMH dan biaya instalasi PLTMH. Terdapat beberapa komponen yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTMH, salah satunya merupakan sistem transmisi energi listrik yang membutuhkan bantuan jaringan PT PLN setempat, kemudian pada PLTMH terdapat saluran yang akan mengalirkan air sungai menuju *power house*, hingga komponen-komponen yang mengalirkan energi listrik dari *power house* hingga sampai kepada konsumen. Sebuah PLTMH terdiri dari empat sistem utama:

- a) Sistem hidrolik yang terdiri dari:
 - *Intake*
 - Saluran pelimpah (*spillway*)
 - Bak pengendap pasir (*desilting chamber/sandtrap*)
 - Saluran pembawa (*headrace*)
 - Bak penenang (*forebay*)
 - Pipa pesat (*penstock*)
 - Turbin
- b) Sistem pembangkitan (generator dan juga *switch gear*)
- c) Beban/sistem konsumen (peralatan listrik)
- d) Sistem kontrol (yang menyesuaikan output sistem dengan beban konsumen, sehingga tegangan dan frekuensi listrik yang dibangkitkan tetap konstan pada nilai standar).

Berdasarkan artikel yang berjudul “*Kajian Teknis dan Ekonomis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro di Bali*” karya Made Suarda, Pembangunan PLTMH dengan daya sebesar 14 Kw dan umur pembangkit 10 tahun, mengeluarkan biaya seperti yang terinci dalam Tabel 4.36.

Tabel 4. 36 Rincian Biaya Pembangunan PLTMH per Komponen Penyusun.

No.	Komponen	Supplier	Harga (Rp)
1	Penstock Pipe (Pipa Pesat)	Tianjin Yuxing Steel Tube Co., Ltd. (China)	7,150,000
2	Turbin Crossflow	Protel Multi Energy (Cimahi, Jawa Barat, Indonesia)	77,000,000
3	Generator	HUU TOAN Corporation (Vietnam)	29,350,000
4	Electronic Load Controller	Protel Multi Energy (Cimahi, Jawa Barat, Indonesia)	36,225,000
5	Ballast Load	Lanxiang Heavy Industry (China)	4,725,000
6	Sistem Transmisi Daya Listrik		16,986,800
7	Power House		50,500,000
8	Perlengkapan lainnya		1,143,250
Jumlah Biaya Pembangunan			223,080,050
Biaya Pembangunan per Kw			15,934,000
Biaya Pembangunan per Kw per Tahun			1,593,400

Berdasarkan artikel tersebut, dijelaskan pula bahwa PLTMH yang direncanakan untuk dibangun mengeluarkan biaya modal (*capital*) sebesar Rp 223.080.050,00 dan biaya operasional serta *maintenance* sebesar Rp. 29.154.002,50. Tabel 4.37 merupakan rincian perhitungan biaya operasional dan *maintenance* per Kw yang dibangkitkan untuk tiap tahunnya.

Tabel 4. 37 Tabel Perhitungan Biaya Operasional dan Maintenance per Kw tiap Tahunnya.

No	Komponen	Biaya (Rp)
1.	Operator	18.000.000,00
2	Pemeliharaan	11.154.002,50
Jumlah Biaya Operasional & <i>Maintenance</i>		29.154.002,50
Biaya Per Kw/Tahun		208.242,88

Dari perhitungan biaya investasi dan biaya operasional & *maintenance* yang telah dilakukan, didapatkan biaya pembangunan PLTMH per Kw untuk tiap tahunnya yaitu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.38.

Tabel 4. 38 Biaya Pembangunan PLTMH per Kw Tiap Tahunnya.

No	Komponen	Biaya (Rp)
1.	<i>Capital Cost</i>	1.593.400,00
2	<i>Running (Operasional & Maintenance Cost)</i>	208.242,88
Total Cost per Kw/Tahun		1.801.642,88

Pada penelitian dalam tugas akhir ini didapatkan referensi bahwa PLTMH memiliki umur rata-rata hingga 25 tahun dengan perawatan yang baik. Oleh karena itu perhitungan biaya siklus hidup dihitung dengan menjumlahkan biaya investasi awal dengan perhitungan M_{PW} sesuai dengan rumus berikut (Dalton, 2009):

$$LCC = C + M_{PW} \quad (4.16)$$

Sebelum melakukan perhitungan biaya LCC diatas maka perlu dilakukan perhitungan besarnya nilai sekarang (*present value*) untuk biaya pemeliharaan dan

operasional PLTMH dalam kurun waktu 25 tahun dengan rumus sebagai berikut (Dalton, 2009):

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (4.17)$$

Besarnya tingkat suku bunga yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 10,50% (Bank Indonesia, 2014).

$$\begin{aligned} M_{PW}(A_{10.5\%,25}) &= \text{Rp } 208,242.88 \left[\frac{(1+0.105)^{25} - 1}{0.105(1+0.105)^{25}} \right] \\ &= \text{Rp } 1,819,838.48 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka biaya LCC untuk pembangunan PLTMH ini adalah sebagai berikut (Dalton, 2009):

$$\begin{aligned} LCC &= C + M_{PW} \\ &= \text{Rp } 1,593,400.00 + \text{Rp } 1,819,838.48 \\ &= \text{Rp } 3,413,238.48 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk perhitungan biaya energi PLTMH dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Dalton, 2009):

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}} \quad (4.18)$$

dengan :

COE = Cost of energy

CRF = Faktor pemulihan modal

A kWh = Besar kWh produksi tahunan

Faktor pemulihan modal diatas digunakan untuk mengkonversi arus kas biaya LCC menjadi biaya tahunan dengan rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut (Dalton, 2009):

$$\begin{aligned} \text{CRF} &= \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \\ &= \left[\frac{0.105(1+0.105)^{25}}{(1+0.105)^{25} - 1} \right] = 0,1144 \end{aligned} \quad (4.19)$$

Berdasarkan perhitungan sebelumnya terhadap Kwh produksi harian untuk PLTMH ini, maka besarnya Kwh produksi tahunan PLTMH didapatkan sebagai berikut (Dalton, 2009):

$$\begin{aligned} A \text{ kWh} &= \text{Kw} \times 365 \times 24 / \text{umur pembangkit} \\ &= 1 \text{ Kw} \times 365 \times 24 / 25 \text{ th} \\ &= \mathbf{350.4 \text{ Kwh}} \end{aligned} \quad (4.20)$$

Dengan beberapa pertimbangan biaya dan persebaran letak pembangkit agar dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, maka perlu dibuat perencanaan lokasi atau letak pembangunan pembangkit. Dengan potensi yang tersebar masing-masing kecamatan, maka perencanaan lokasi dan tahun pembangunan pembangkit akan dijelaskan lebih detail pada sub bab selanjutnya.

Tabel 4. 39 Parameter-Parameter Hasil Perhitungan dalam Perhitungan Aspek Ekonomis.

Kredit suku bunga bank (Bank Mandiri, 30 September 2014)	10.50%
Biaya Siklus Hidup	Rp1,819,838.48
LCC	Rp3,413,238.48
Biaya Energi PLTMH	0.11442932
Kwh Produksi Tahunan	350.4

Dengan beberapa data-data harga komponen dan hasil perhitungan parameter-parameter dalam menghitung total biaya pembangunan keseluruhan untuk masing-masing pembangkit, maka selanjutnya dilakukan perhitungan biaya pembangunan untuk masing-masing pembangkit dengan daya dibangkitkan yang berbeda-beda dan lokasi yang berbeda pula untuk tiap-tiap tahunnya. Pada Tabel 4.40 dan 4.41 akan disajikan rekap total biaya pembangunan PLTMH untuk masing-masing Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau.

4.5.1.2 Perhitungan Harga Jual Listrik PLTMH

Untuk perhitungan harga jual listrik yang dihasilkan oleh PLTMH ini, dibedakan kedalam dua kategori, yaitu:

- Penjualan listrik dengan posisi perusahaan sebagai usaha mandiri dengan target konsumen langsung kepada masyarakat yang membutuhkan listrik, sehingga tergolong usaha yang mengelola profit (*profit-based*)
- Penjualan listrik dengan posisi perusahaan sebagai perusahaan *non-profit based* atau perusahaan obligasi, dengan target konsumen (*buyer*) yaitu PT PLN Persero, dikarenakan wewenang PT PLN sebagai penyedia listrik utama bagi masyarakat. Usaha atau industri jenis ini tidak mencari profit, karena kesejahteraan adalah salah satu hak dari tiap masyarakat, salah satunya adalah pemenuhan kebutuhan energi listrik, sehingga untung ataupun merugi, usaha tersebut harus tetap dijalankan dengan adanya bantuan dari APBN atau APBD pemerintah.

Tabel 4. 40 Rekap Total Biaya Pembangunan Untuk Masing-Masing PLTMH di Kabupaten Nunukan.

Kabupaten	Desa>Nama Sungai	Kapasitas (Kw)	Daya Mampu	Biaya Pembangunan
NUNUKAN	Sembakung	200	200	Rp 9,008,214,400.00
	Sembakung	150	150	Rp 6,756,160,800.00
	Sembakung	150	150	Rp 6,756,160,800.00
TOTAL POTENSI (Kw)		500	385.0	Rp 17,340,812,720.00

Tabel 4. 41 Rekap Total Biaya Pembangunan Untuk Masing-Masing PLTMH di Kabupaten Malinau.

Kabupaten	Desa>Nama Sungai	Kapasitas (Kw)	Daya Mampu	Biaya Pembangunan
MALINAU	Paking	40	30.8	Rp 1,387,265,017.60
	Long Berang	45	34.65	Rp 1,560,673,144.80
	Long Semamu	10	7.7	Rp 346,816,254.40
	Long Pala	8	6.16	Rp 277,453,003.52
	Long Pujungan	60	46.2	Rp 2,080,897,526.40
	Long Aran	80	61.6	Rp 2,774,530,035.20
	Long Alango	60	46.2	Rp 2,080,897,526.40
	Apau Ping	24	18.48	Rp 832,359,010.56
	Data Dian	10	7.7	Rp 346,816,254.40
	Sei Anai & Metun	32	24.64	Rp 1,109,812,014.08
	Long Sule & Long Pipa	375	288.75	Rp 13,005,609,540.00
	Long Ampung/Metulang	35	26.95	Rp 1,213,856,890.40
	Sei Barang	25	19.25	Rp 867,040,636.00
	Long Uro & Lidung Payau	32	24.64	Rp 1,109,812,014.08
	Mahak Baru & Dumu Mahak	80	61.6	Rp 2,774,530,035.20
	Long Payau	112.5	86.625	Rp 3,901,682,862.00
TOTAL POTENSI (Kw)		1028.5	791.945	Rp 35,670,051,765.04

Berikut ini merupakan perhitungan harga jual listrik dengan kategori perusahaan sebagai usaha mandiri yang menjual listrik langsung kepada masyarakat, dengan profit margin sebesar 10%, dan dengan beberapa parameter perhitungan yang disajikan dalam Tabel 4.37.

Berdasarkan Tabel 4.37, beberapa parameter atau variabel yang digunakan untuk melakukan perhitungan harga jual listrik per Kwh adalah:

- *Life Cycle Cost* (LCC), yang didapatkan dari perhitungan biaya pembangunan dan biaya Operasional & *Maintenance*;
- Biaya Energi PLTMH, yang didapatkan dari perhitungan kredit suku bunga bank (10.5%) dan umur pembangkit yaitu 25 tahun; serta
- Kwh Produksi Tahunan, yaitu energi listrik yang akan diproduksi secara tahunan selama umur pembangkit (25 tahun).

Sebelum melakukan perhitungan harga jual listrik per Kwh, dilakukan perhitungan biaya energi, yaitu ongkos yang harus dibayarkan untuk tiap Kwh-nya berdasarkan harga pokok produksi/pembangunan pembangkit. Berikut ini merupakan perhitungan besar biaya energi (Dalton, 2009):

$$\begin{aligned}
 \text{Besar Biaya Energi} &= \text{LCC} \times \text{Biaya Energi PLTMH} / \text{Kwh Produksi Tahunan} \\
 &= \text{Rp}3,413,238.48 \times 0.11442932 \times 350.4 \text{ Kwh} \\
 &= \text{Rp}1,114.65
 \end{aligned}$$

$$\text{Profit Margin} = 10\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga Jual} &= \text{Besar Biaya Energi} + (\text{Besar Biaya Energi} \times 10\%) \\
 &= \text{Rp}1,114.65 + (\text{Rp}1,114.65 \times 10\%) \\
 &= \text{Rp}1,226.12
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 42 Rekap Perhitungan Harga Jual Listrik PLTMH.

Besar Biaya Energi	Rp1,114.65
Harga Jual Listrik per Kwh	Rp1,226.12
Harga Jual Listrik per Kwh (dibulatkan)	Rp1,250.00

Selanjutnya, akan dihitung harga jual listrik sebagai harga beli dari PT PLN Persero, dengan posisi perusahaan sebagai usaha *non-profit based*. Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2012, tentang Harga Pembelian Tenaga Listrik yang Menggunakan Energi Terbarukan Skala Kecil dan Menengah atau Kelebihan Tenaga Listrik, tertulis dalam Pasal 2 ayat 1, bahwa pembelian tenaga listrik EBT selain biomass dan biogas (termasuk energi mikrohidro), dengan interkoneksi pada tegangan rendah (SUTR), yaitu bernilai Rp.1004/Kwh x F. F merupakan faktor insentif sesuai dengan lokasi pembelian tenaga listrik oleh PT PLN (Persero), dengan besaran F di wilayah Kalimantan sebesar $F = 1,3$. Dari keterangan tersebut, dapat dihitung harga jual atau harga beli PLN yaitu sebagai berikut:

$$\text{Rp } 1004/\text{Kwh} \times 1,3 = \text{Rp } 1305.2 \text{ per Kwh} \approx \text{Rp } 1350 \text{ per Kwh}$$

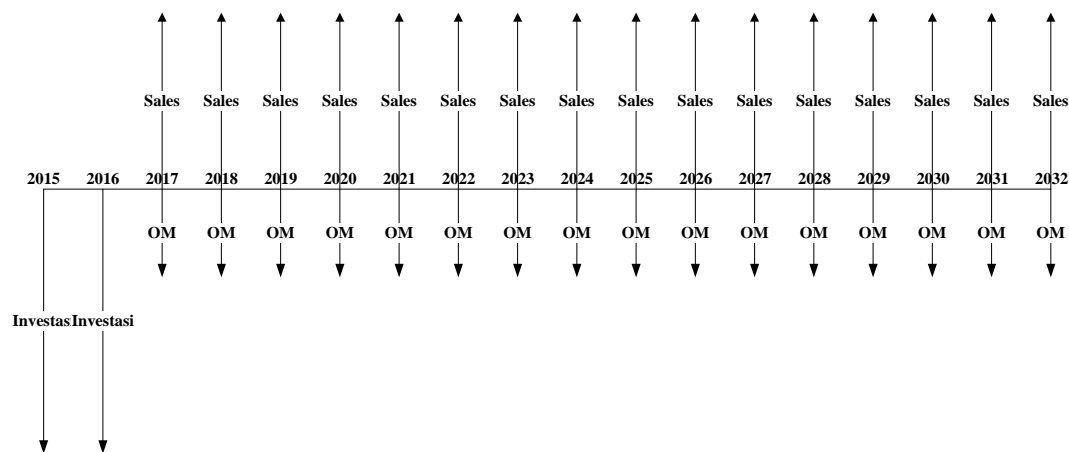
Dari kedua perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa harga jual sebagai bentuk usaha obligasi (dalam hal ini proyek pemerintah) yang akan dibeli oleh PLN yaitu Rp 1350 per Kwh, bernilai lebih tinggi jika dibandingkan dengan harga jual sebagai usaha mandiri *profit-based* yaitu sebesar kurang lebih Rp 1250 per Kwh nya.

4.5.1.3 Perhitungan NPV Uji Kelayakan Finansial PLTMH

Dalam perhitungan NPV untuk menguji kelayakan secara finansial, sebelumnya dilakukan perhitungan *cashflow* untuk tiap pembangkit tiap tahunnya, dengan beberapa konstrain sebagai berikut:

- Tahun 1 dan Tahun 2 merupakan tahun pembangunan PLTMH, sehingga hanya terdapat komponen biaya investasi (-).
- Masing-masing tahun (setelah tahun 2015) memiliki persentase inflasi yang dihitung berdasarkan data historis inflasi, tercantum dalam Tabel 4.32.
- Masing-masing tahun setelah 2 tahun pembangunan, memiliki komponen biaya pendapatan/*sales* (+) dan komponen biaya OM/*Operational&Maintenance* (-).

Contoh perhitungan *cashflow* sebelum dilakukan perhitungan NPV pada perencanaan pembangunan PLTMH Paking di Kabupaten Malinau tahun 2015 dapat disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Contoh Cashflow PLTMH Paking Kabupaten Malinau..

Gambar 4.8 menunjukkan salah satu contoh *cashflow in* dan *cashflow out* dari pembangunan PLTMH di Sungai Paking, Kabupaten Malinau. Perhitungan *cashflow* dilakukan dengan mempertimbangkan komponen biaya investasi (*capital cost*), biaya OM, serta jumlah pendapatan dari hasil penjualan energi listrik per tahunnya. Setelah dilakukan perhitungan *cashflow*, dihitung pula NPV untuk masing-masing perencanaan pembangkit dari tahun 2015 hingga tahun 2030. Contoh perhitungan jumlah *cashflow* dan besarnya NPV sebagai parameter penentuan kelayakan finansial

pembangkit, dapat terlihat dalam Tabel 4.43 dan Tabel 4.44, yaitu contoh perhitungan untuk pembangunan PLTMH Sungai Paking di Kabupaten Malinau, untuk selanjutnya proses perhitungan untuk masing-masing PLTMH di tiap kabupaten dilakukan dengan proses atau alur yang sama.

Tabel 4. 43 Contoh Perhitungan *Cashflow* Tiap Tahun dan NPV dari PLTMH Paking, Kabupaten Malinau.

PAKING							
Malinau	Tahun	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Investasi	Rp (613,459,000.00)	Rp (641,696,947.19)				
	Pendapatan			Rp 345,308,354.24	Rp 344,605,296.74	Rp 343,936,346.72	Rp 343,299,850.09
	OM			Rp (167,369,735.93)	Rp (167,028,966.45)	Rp (166,704,728.74)	Rp (166,396,221.08)
	Cashflow	Rp (613,459,000.00)	Rp (641,696,947.19)	Rp 177,938,618.31	Rp 177,576,330.29	Rp 177,231,617.98	Rp 176,903,629.01
	NPV	Rp935,051,029.17					
PAKING							
Malinau	Tahun	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	Investasi						
	Pendapatan	Rp 342,694,218.91	Rp 342,117,997.59	Rp 341,569,763.59	Rp 341,048,094.39	Rp 340,551,765.96	Rp 340,079,488.11
	OM	Rp (166,102,673.80)	Rp (165,823,381.36)	Rp (165,557,654.28)	Rp (165,304,803.07)	Rp (165,064,234.44)	Rp (164,835,323.04)
	Cashflow	Rp 176,591,545.12	Rp 176,294,616.23	Rp 176,012,109.30	Rp 175,743,291.32	Rp 175,487,531.52	Rp 175,244,165.07
	NPV	Rp935,051,029.17					

Tabel 4. 43 Contoh Perhitungan *Cashflow* Tiap Tahun dan NPV dari PLTMH Paking, Kabupaten

PAKING							
Malinau	Tahun	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	Investasi						
	Pendapatan	Rp 339,630,169.13	Rp 339,202,618.06	Rp 338,795,842.46	Rp 338,408,783.70	Rp 337,308,130.59	Rp 336,736,093.24
	OM	Rp (164,617,539.72)	Rp (164,410,307.23)	Rp (164,213,144.54)	Rp (164,025,538.53)	Rp (163,492,055.87)	Rp (163,214,791.39)
	Cashflow	Rp 175,012,629.41	Rp 174,792,310.83	Rp 174,582,697.92	Rp 174,383,245.17	Rp 173,816,074.72	Rp 173,521,301.85
	NPV	Rp935,051,029.17					
PAKING							
Malinau	Tahun	2033	2034	2035	2036	2037	2038
	Investasi						
	Pendapatan	Rp 336,164,055.89	Rp 335,592,018.53	Rp 335,019,981.18	Rp 334,447,943.83	Rp 333,875,906.48	Rp 333,303,869.13
	OM	Rp (162,937,526.91)	Rp (162,660,262.43)	Rp (162,382,997.96)	Rp (162,105,733.48)	Rp (161,828,469.00)	Rp (161,551,204.52)
	Cashflow	Rp 173,226,528.97	Rp 172,931,756.10	Rp 172,636,983.23	Rp 172,342,210.35	Rp 172,047,437.48	Rp 171,752,664.60
	NPV	Rp935,051,029.17					

Tabel 4. 44 Contoh Perhitungan Cashflow Tiap Tahun dan NPV dari PLTMH Paking, Kabupaten Malinau (lanjutan).

PAKING					
Malinau	Tahun	2039	2040	2041	2042
	Investasi				
	Pendapatan	Rp 332,731,831.78	Rp 332,159,794.42	Rp 331,587,757.07	Rp 331,015,719.72
	OM	Rp (161,273,940.05)	Rp (160,996,675.57)	Rp (160,719,411.09)	Rp (160,442,146.61)
	Cashflow	Rp 171,457,891.73	Rp 171,163,118.86	Rp 170,868,345.98	Rp 170,573,573.11
	NPV	Rp935,051,029.17			

Selanjutnya dilakukan perhitungan selisih biaya investasi yang dianggarkan per tahunnya dengan total biaya pembangunan per PLTMH. Perhitungan selisih antara biaya investasi yang dianggarkan dengan biaya pembangunan aktual bertujuan untuk melihat apakah dana yang dianggarkan dapat memenuhi perencanaan pembangunan yang dilakukan hingga tahun 2030. Biaya investasi yang dianggarkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{(Capital Cost per Kw + OM Cost per Kw) x Total Kw yang Dibangkitkan x 25} \\ \text{Tahun / Jumlah PLTMH yang Dibangun per Kabupaten}$$

Contoh perhitungan biaya investasi anggaran per tahun untuk PLTMH di Kabupaten Malinau:

$$\text{Biaya Investasi Anggaran} = (\text{Rp 1,593,400} + \text{Rp 208,242.88}) \times 791.95 \text{ Kw} \times 25 \\ \text{Tahun / 16} \\ = \text{Rp 2,229,378,235.52}$$

Selanjutnya, biaya investasi yang dianggarkan tiap tahunnya dihitung dengan mempertimbangkan inflasi tiap tahun yang telah dihitung dalam sub bab sebelumnya dan ditampilkan dalam Tabel 4.35. Rekap perhitungan biaya investasi, dan perbandingannya dengan total biaya pembangunan dapat dilihat pada Tabel 4.45 untuk Kabupaten Nunukan dan Tabel 4.46 untuk Kabupaten Malinau.

Tabel 4. 45 Perbandingan Total Biaya Pembangunan Aktual dengan Investasi per PLTMH di Kabupaten Nunukan.

Tahun	Nama Lokasi PLTMH	Biaya Pembangunan (Rp)	Total Biaya Setelah Inflasi (Rp)	Investasi per Tahun (Rp)
2015	Sembakung, Nunukan	Rp6,936,325,088.00	Rp6,936,325,088.00	Rp5,780,270,906.67
2016	Sembakung, Nunukan	Rp5,202,243,816.00	Rp5,441,706,740.42	Rp6,046,340,822.69
2017	Sembakung, Nunukan	Rp5,202,243,816.00	Rp5,430,086,488.41	Rp6,311,152,411.70
Total		Rp17,340,812,720.00	Rp17,808,118,316.83	Rp18,137,764,141.06

Tabel 4. 46 Perbandingan Total Biaya Pembangunan Aktual dengan Investasi per
PLTMH di Kabupaten Malinau.

Tahun	Nama Lokasi PLTMH	Biaya Pembangunan (Rp)	Total Biaya Setelah Inflasi (Rp)	Investasi per Tahun (Rp)
2015	Paking	Rp1,387,265,017.60	Rp1,387,265,017.60	Rp2,229,378,235.32
2016	Long Berang	Rp1,560,673,144.80	Rp1,632,512,022.13	Rp2,331,998,076.05
2017	Long Semamu	Rp346,816,254.40	Rp362,005,765.89	Rp2,434,132,595.79
2018	Long Pala	Rp277,453,003.52	Rp289,014,969.59	Rp2,535,567,282.49
2019	Long Pujungan	Rp2,080,897,526.40	Rp2,163,404,489.05	Rp2,636,101,764.57
2020	Long Aran	Rp2,774,530,035.20	Rp2,879,201,122.95	Rp2,735,550,548.91
2021	Long Alango	Rp2,080,897,526.40	Rp2,155,591,343.11	Rp2,833,743,135.87
2022	Apau Ping	Rp832,359,010.56	Rp860,786,734.32	Rp2,930,524,531.93
2023	Data Dian	Rp346,816,254.40	Rp358,086,395.40	Rp3,025,754,857.12
2024	Sei Anai & Metun	Rp1,109,812,014.08	Rp1,144,126,402.72	Rp3,119,308,474.13
2025	Long Sule & Long Pipa	Rp13,005,609,540.00	Rp13,388,218,965.94	Rp3,211,074,786.27
2026	Long Ampung/ Metulang	Rp1,213,856,890.40	Rp1,247,834,201.39	Rp3,300,956,622.82
2027	Sei Barang	Rp867,040,636.00	Rp890,132,529.26	Rp3,388,871,000.56
2028	Long Uro & Lidung Payau	Rp1,109,812,014.08	Rp1,137,935,316.40	Rp3,474,747,025.04
2029	Mahak Baru & Dumu Mahak	Rp2,774,530,035.20	Rp2,841,426,728.88	Rp3,558,526,650.56
2030	Long Payau	Rp3,901,682,862.00	Rp3,991,191,368.54	Rp3,640,162,810.45
Total		Rp35,670,051,765.04	Rp36,728,733,373.18	Rp47,386,398,397.88

Setelah diketahui perbandingan antara total biaya pembangunan dan dana investasi yang dianggarkan untuk masing-masing PLTMH tiap tahunnya, maka dapat diketahui estimasi jumlah dana anggaran yang tersisa hingga tahun akhir pembangunan. Pada Tabel 4.47 dan Tabel 4.48 disajikan rekap data total dana tersisa untuk masing-masing Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau, beserta dengan rekap perhitungan NPV dari masing-masing PLTMH.

Tabel 4. 47 Rekap Total Dana Tersisa dan NPV Masing-Masing PLTMH di Kabupaten Nunukan.

Tahun	Nama Lokasi PLTMH	Daya Mampu (Kw)	Total Dana Tersisa	NPV
2015	Sembakung, Nunukan	154	Rp0.00	Rp4,675,255,145.84
2016	Sembakung, Nunukan	115.5	(Rp1,156,054,181.33)	Rp3,390,705,656.60
2017	Sembakung, Nunukan	115.5	(Rp551,420,099.06)	Rp3,386,325,841.42
TOTAL		385	Rp329,645,824.23	-

Tabel 4. 48 Rekap Total Dana Tersisa dan NPV Masing-Masing PLTMH di Kabupaten Malinau.

Tahun	Nama Lokasi PLTMH	Daya Mampu (Kw)	Total Dana Tersisa	NPV
2015	Paking	30.8	Rp0.00	Rp935,051,029.17
2016	Long Berang	34.65	Rp842,113,217.72	Rp1,017,211,696.98
2017	Long Semamu	7.7	Rp1,541,599,271.64	Rp225,755,056.09
2018	Long Pala	6.16	Rp3,613,726,101.53	Rp180,372,782.22
2019	Long Pujungan	46.2	Rp5,860,278,414.44	Rp1,351,071,053.03
2020	Long Aran	61.6	Rp6,332,975,689.96	Rp1,799,130,152.58
2021	Long Alango	46.2	Rp6,189,325,115.92	Rp1,347,616,858.06
2022	Apau Ping	18.48	Rp6,867,476,908.68	Rp538,347,778.41
2023	Data Dian	7.7	Rp8,937,214,706.29	Rp224,015,940.40
2024	Sei Anai & Metun	24.64	Rp11,604,883,168.02	Rp715,885,450.49
2025	Long Sule & Long Pipa	288.75	Rp13,580,065,239.42	Rp8,377,668,162.62
2026	Long Ampung/Metulang	26.95	Rp3,402,921,059.75	Rp780,796,867.99
2027	Sei Barang	19.25	Rp5,456,043,481.18	Rp556,882,591.90
2028	Long Uro & Lidung Payau	24.64	Rp7,954,781,952.48	Rp711,701,943.17
2029	Mahak Baru & Dumu Mahak	61.6	Rp10,291,593,661.12	Rp1,776,349,990.80
2030	Long Payau	86.625	Rp11,008,693,582.79	Rp2,494,747,862.26
Total		791.945	Rp10,657,665,024.70	-

Dari Tabel 4.47 dan Tabel 4.48, terlihat bahwa anggaran dana investasi untuk pembangunan PLTMH di masing-masing kabupaten masih tersisa dengan jumlah sebanyak Rp329,645,824.23 untuk Kabupaten Nunukan dan sebanyak Rp10,657,665,024.70 untuk Kabupaten Malinau. Hal ini mengindikasikan bahwa dapat terjadi adanya efisiensi biaya atau dana yang dianggarkan di awal perencanaan pembangunan. Selain itu, nilai NPV untuk masing-masing PLTMH yang dibangun juga bernilai positif, hal ini menunjukkan bahwa pembangkit-pembangkit tersebut layak untuk dibangun secara finansial. Namun, apabila nilai NPV bernilai negatif, pembangkit-pembangkit tersebut tetap harus dibangun dikarenakan kebutuhan

masyarakat akan energi listrik tetap merupakan tanggung jawab pemerintah dalam pemenuhannya.

4.5.2 Perhitungan Aspek Ekonomis PLTS

Dalam sub bab ini akan dihitung biaya pembangunan dari PLTS beserta biaya transmisi, operasional dan *maintenance*, selain itu juga akan dihitung harga jual dari listrik yang dihasilkan oleh PLTS, hingga melakukan perhitungan NPV untuk menguji kelayakan finansial dari PLTS yang akan dibangun.

4.5.2.1 Identifikasi Biaya Pembangunan PLTS

Pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan kapasitas komponen PLTS yang dibutuhkan untuk membangun sesuai daya yang akan dibangkitkan di sub bab sebelumnya, sehingga dapat diketahui total biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pembangunan PLTS.

a) Perhitungan Biaya Pembangunan

Pada bagian ini akan dilakukan analisis terhadap biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pembangunan PLTS dalam kurun waktu tahun 2015-2030. Perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan total biaya yang dibutuhkan untuk membangun PLTS sesuai potensi yang ada dalam kurun waktu tersebut. Dari hasil perhitungan tersebut akan didapatkan perencanaan biaya yang dibutuhkan untuk membangun PLTS setiap tahunnya. Dikarenakan kebutuhan energi listrik tiap tahunnya berbeda-beda, maka perencanaan biaya pembangunan PLTS juga akan dilakukan per tahun, karena biaya yang dikeluarkan untuk tiap lokasi pembangunan dan tiap tahunnya tentu akan berbeda. Proyeksi kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga yang telah dilakukan sebelumnya, akan direkap kembali dalam Tabel 4.50 untuk Kabupaten Nunukan dan Tabel 4.51 untuk Kabupaten Malinau. Sebelumnya akan ditampilkan nama-nama komponen yang dibutuhkan beserta dengan *supplier* atau tempat komponen tersebut tersedia dan akan dibeli, dapat dilihat pada Tabel 4.49.

Tabel 4. 49 Daftar Supplier Nama-Nama Komponen Pembangkit

Uraian	Supplier
Panel Surya 240 Wp	PT. Gudang Pompa Surya, Jakarta, Indonesia
Baterai 2 V/2000Ah	PLTS Surabaya, Surabaya, Indonesia
Inverter 3000 W	TBE Inverter, Jakarta, Indonesia
Sistem Proteksi (MCB-Circuit Breaker)	CV Bangun Guna, Bandung, Indonesia
Box Sentral Pusat (Box Panel)	CV Bangun Guna, Bandung, Indonesia
Kabel Instalasi	
- Modul Array: NYAF 4mm & 6mm	Toko Mega Jaya, Surabaya, Indonesia
- Battery Bank: NYAF 10mm	Toko Mega Jaya, Surabaya, Indonesia
- Klien/Load: NYMHY 2 x 1.5mm	Kahael Electrotechnic Supply, Jakarta, Indonesia
- Jaringan Pusat: NYHY 3 x 4mm	Toko Mega Jaya, Surabaya, Indonesia

Tabel 4. 50 Rekap Kebutuhan Energi Listrik per Tahun di Kabupaten Nunukan
(watt).

Tahun	Kebutuhan Energi Listrik (watt)
2015	4,443,056.49
2016	5,522,719.22
2017	6,864,739.99
2018	8,532,871.80
2019	10,606,359.65
2020	13,183,705.05
2021	16,387,345.37
2022	20,369,470.30
2023	25,319,251.58
2024	31,471,829.72
2025	39,119,484.34
2026	48,625,519.03
2027	60,441,520.16
2028	75,128,809.56
2029	93,385,110.28
2030	116,077,692.08

Tabel 4. 51 Rekap Kebutuhan Energi Listrik per Tahun di Kabupaten Nunukan
(watt).

Tahun	Kebutuhan Energi Listrik (watt)
2015	2,853,650.73
2016	3,515,983.07
2017	4,332,042.74
2018	5,337,509.86
2019	6,576,345.90
2020	8,102,715.78
2021	9,983,356.11
2022	12,300,493.07
2023	15,155,437.51
2024	18,673,014.55
2025	23,007,021.23
2026	28,346,950.86
2027	34,926,278.16
2028	43,032,667.32
2029	53,020,549.40
2030	65,326,618.91

Tabel 4. 52 Contoh Perhitungan Rincian Total Biaya Pembangunan PLTS Tahun 2015 di Kabupaten Nunukan.

Tahun 2015				
No.	Komponen	Jumlah	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
	Biaya Komponen dan Instalasi			
1	Panel Surya ARP280-24 Allrun	18,513	Rp3,360,000	Rp62,203,680,000
2	Inverter 12V DC 220V AC 3000W	1,481	Rp2,465,000	Rp3,650,711,416
3	Baterai 2000VA	2,222	Rp1,850,000	Rp4,110,700,000
4	Biaya Pengiriman			Rp12,000,000
5	Biaya Instalasi	10	Rp10,000,000	Rp100,000,000
	Biaya Peralatan Pendukung	10	Rp20,000,000	Rp200,000,000
	Total			Rp70,277,091,416
	Biaya Rak Panel Surya			
6	Besi UNP @20	200	Rp350,000	Rp70,000,000
7	Besi Siku @25	250	Rp175,000	Rp43,750,000
8	Plat besi dengan baut @25	250	Rp70,000	Rp17,500,000
9	Baut @360	3600	Rp7,700	Rp27,720,000
10	Biaya Pengerjaan Rak	10	Rp3,750,000	Rp37,500,000
11	Biaya Pengiriman	10	Rp3,600,000	Rp36,000,000
12	Biaya Pembuatan Pondasi	10	Rp2,820,000	Rp28,200,000
	Total			Rp260,670,000
	Total Keseluruhan Biaya Th 2015			Rp70,537,761,416
	Daya per PLTS (Kwp)	444.31	Jumlah Lokasi PLTS	10
	Biaya Per Lokasi			Rp7,053,776,142

Tabel 4.52 merupakan contoh perhitungan biaya pembangunan PLTS di Kabupaten Nunukan pada Tahun 2015. Dengan potensi energi surya sebesar 18,323,854.96 Kw, kebutuhan energi listrik pada tahun tersebut adalah sebesar 4,443,056.49 watt atau sebesar 4,443 Kw, dengan kata lain hanya 0.025% dari keseluruhan potensi yang ada. Maka dari itu, daya yang akan dibangkitkan di Kabupaten Nunukan pada tahun 2015 adalah sebesar 4,443,056.49 watt. Dengan jumlah pembangkit yang akan dibangun adalah sebanyak 10 buah (sesuai dengan

jumlah kabupaten yang memiliki rasio elektrifikasi dibawah rata-rata), maka satu lokasi pembangkit akan memiliki daya bangkit listrik sebesar 444.31 Kwp. Dari Tabel 4.49 juga dapat terlihat total keseluruhan biaya pada tahun 2015 yaitu sebesar Rp70,537,761,416 dan biaya pembangunan per lokasinya yaitu sebesar **Rp7,053,776,142**. Untuk biaya pembangunan PLTS di Kabupaten Nunukan pada tahun 2016-2030 dan biaya pembangunan PLTS tiap tahunnya di Kabupaten Malinau dapat dilihat pada bagian Lampiran. Dengan contoh perhitungan pada Kabupaten Nunukan di Tahun 2015 yang telah dilakukan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan biaya pembangunan untuk masing-masing pembangkit dengan daya dibangkitkan yang berbeda-beda dan lokasi yang berbeda pula untuk tiap-tiap tahunnya. Pada Tabel 4.53 dan 4.54 akan disajikan rekap total biaya pembangunan PLTS untuk masing-masing Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau. Sedangkan untuk perencanaan lokasi, tahun serta urutan pembangunan akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya yaitu sub bab 4.6.

Tabel 4. 53 Rekap Total Biaya Pembangunan PLTS per Tahun di Kabupaten Nunukan.

Tahun	Daya yang akan dibangkitkan (wattpeak)	Jumlah Pembangkit	Daya yang akan dibangkitkan per pembangkit (Kilowattpeak)	Anggaran Biaya Pembangunan	Biaya Pembangunan Aktual	Biaya OM
2015	4,443,056.49	10	444	Rp56,712,207,717.95	Rp70,537,761,416.11	Rp705,377,614.16
2016	5,522,719.22	10	552	Rp56,712,207,717.95	Rp87,540,524,290.22	Rp875,405,242.90
2017	6,864,739.99	10	686	Rp56,712,207,717.95	Rp108,673,688,022.75	Rp1,086,736,880.23
2018	8,532,871.80	10	853	Rp56,712,207,717.95	Rp134,939,236,332.28	Rp1,349,392,363.32
2019	10,606,359.65	10	1,061	Rp56,712,207,717.95	Rp167,591,802,181.02	Rp1,675,918,021.81
2020	13,183,705.05	15	879	Rp37,808,138,478.63	Rp208,455,695,981.01	Rp2,084,556,959.81
2021	16,387,345.37	15	1,092	Rp37,808,138,478.63	Rp258,901,000,449.39	Rp2,589,010,004.49
2022	20,369,470.30	15	1,358	Rp37,808,138,478.63	Rp321,605,449,763.59	Rp3,216,054,497.64
2023	25,319,251.58	15	1,688	Rp37,808,138,478.63	Rp399,547,910,051.15	Rp3,995,479,100.51
2024	31,471,829.72	15	2,098	Rp37,808,138,478.63	Rp496,430,838,418.58	Rp4,964,308,384.19
2025	39,119,484.34	15	2,608	Rp37,808,138,478.63	Rp616,855,461,299.29	Rp6,168,554,612.99
2026	48,625,519.03	15	3,242	Rp37,808,138,478.63	Rp766,545,543,140.02	Rp7,665,455,431.40
2027	60,441,520.16	15	4,029	Rp37,808,138,478.63	Rp952,607,037,398.04	Rp9,526,070,373.98
2028	75,128,809.56	15	5,009	Rp37,808,138,478.63	Rp1,183,883,413,520.77	Rp11,838,834,135.21
2029	93,385,110.28	15	6,226	Rp37,808,138,478.63	Rp1,471,359,287,281.31	Rp14,713,592,872.81
2030	116,077,692.08	15	7,739	Rp37,808,138,478.63	Rp1,828,693,205,325.67	Rp18,286,932,053.26
TOTAL	575,479,485	215	-	Rp699,450,561,854.66	Rp9,074,167,854,871.20	Rp90,741,678,548.71

Tabel 4. 54 Rekap Total Biaya Pembangunan PLTS per Tahun di Kabupaten Malinau.

Tahun	Daya yang akan dibangkitkan (wattpeak)	Jumlah Pembangkit	Daya yang akan dibangkitkan per pembangkit (Kilowattpeak)	Anggaran Biaya Pembangunan	Biaya Pembangunan Aktual	Biaya OM
2015	2,853,650.73	10	285	Rp32,964,449,814.12	Rp45,511,129,686.41	Rp455,111,296.86
2016	3,515,983.07	10	352	Rp32,964,449,814.12	Rp55,937,936,088.62	Rp559,379,360.89
2017	4,332,042.74	10	433	Rp32,964,449,814.12	Rp68,792,475,117.79	Rp687,924,751.18
2018	5,337,509.86	10	534	Rp32,964,449,814.12	Rp84,622,373,934.63	Rp846,223,739.35
2019	6,576,345.90	10	658	Rp32,964,449,814.12	Rp104,131,604,212.86	Rp1,041,316,042.13
2020	8,102,715.78	15	540	Rp21,976,299,876.08	Rp128,447,256,466.66	Rp1,284,472,564.67
2021	9,983,356.11	15	666	Rp21,976,299,876.08	Rp158,060,475,940.08	Rp1,580,604,759.40
2022	12,300,493.07	15	820	Rp21,976,299,876.08	Rp194,549,340,137.27	Rp1,945,493,401.37
2023	15,155,437.51	15	1,010	Rp21,976,299,876.08	Rp239,502,302,819.63	Rp2,395,023,028.20
2024	18,673,014.55	15	1,245	Rp21,976,299,876.08	Rp294,894,248,625.56	Rp2,948,942,486.26
2025	23,007,021.23	15	1,534	Rp21,976,299,876.08	Rp363,139,187,446.06	Rp3,631,391,874.46
2026	28,346,950.86	15	1,890	Rp21,976,299,876.08	Rp447,226,329,623.79	Rp4,472,263,296.24
2027	34,926,278.16	15	2,328	Rp21,976,299,876.08	Rp550,829,883,550.97	Rp5,508,298,835.51
2028	43,032,667.32	15	2,869	Rp21,976,299,876.08	Rp678,476,043,310.65	Rp6,784,760,433.11
2029	53,020,549.40	15	3,535	Rp21,976,299,876.08	Rp835,751,413,089.55	Rp8,357,514,130.90
2030	65,326,618.91	15	4,355	Rp21,976,299,876.08	Rp1,029,533,310,208.13	Rp10,295,333,102.08
TOTAL	334,490,635	215	-	Rp406,561,547,707.44	Rp5,279,405,310,258.65	Rp52,794,053,102.59

4.5.2.2 Perhitungan Harga Jual Listrik PLTS

Untuk perhitungan harga jual listrik yang dihasilkan oleh PLTS ini, dibedakan kedalam dua kategori, yaitu:

- Penjualan listrik dengan posisi perusahaan sebagai usaha mandiri dengan target konsumen langsung kepada masyarakat yang membutuhkan listrik, sehingga tergolong usaha yang mengelola profit (*profit-based*)
- Penjualan listrik dengan posisi perusahaan sebagai perusahaan *non-profit based* atau perusahaan obligasi, dengan target konsumen (*buyer*) yaitu PT PLN Persero, dikarenakan wewenang PT PLN sebagai penyedia listrik utama bagi masyarakat. Usaha atau industri jenis ini tidak mencari profit, karena kesejahteraan adalah salah satu hak dari tiap masyarakat, salah satunya adalah pemenuhan kebutuhan energi listrik, sehingga untung ataupun merugi, usaha tersebut harus tetap dijalankan dengan adanya bantuan dari APBN atau APBD pemerintah.

Berikut ini merakan dihitung harga jual listrik dengan kategori penyedia tenaga listrik sebagai usaha mandiri yang menjual listrik langsung kepada masyarakat, dengan profit margin sebesar 10%. Perhitungan ini didasarkan pada pembangunan PLTS di Kabupaten Nunukan pada tahun 2015 yang mengacu pada Tabel 4.50 mengenai kebutuhan energi listrik per tahunnya dan Tabel 4.52 mengenai rincian biaya pembangunan yang melibatkan biaya komponen-komponen biaya *overhead* lainnya selama proses produksi/pembangunan. Rekap proses perhitungan dapat terlihat seperti yang disajikan dalam Tabel 4.55 untuk harga jual listrik di Kabupaten Nunukan dan Tabel 4.56 untuk harga jual listrik di Kabupaten Malinau.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan harga jual listrik untuk Kabupaten Nunukan:

- **Biaya Total** = Total Biaya Pembangunan Aktual +
Total Biaya OM (tercantum dalam Tabel 4.50 di akhir kolom ke-6 dan ke-7)
= Rp 9,074,167,854,871 + Rp
90,741,678,548
= Rp 9,164,909,533,420
- **Daya yang Dibangkitkan (wp)** = 575,479,485 wattpeak (tercantum
dalam Tabel 4.50 di akhir kolom ke-2)
- **Daya yang Dibangkitkan (Kwh)** = 575,479,485 wattpeak x 8 jam / 0.8
(efisiensi)
= 5,754,794 Kwh
- **Biaya Energi/kWh** = $\frac{\text{Biaya Total}}{\text{Daya yang Dibangkitkan (Kwh)} \times 365 \text{ hari}}$
= $\frac{\text{Rp 9,164,909,533,420}}{5,754,794 \text{ Kwh} \times 365 \text{ hari}}$
= Rp 4,363.20
- **Profit Margin** = 10%
- **Harga Jual/ kWh** = Rp 4,363.20 + (4,363.2 x 10%)
= **Rp 4800 per Kwh**

Tabel 4. 55 Perhitungan Biaya Jual Listrik per Kwh di Kabupaten Nunukan.

Biaya Total	9,164,909,533,420
Daya yang dibangkitkan (wattpeak)	575,479,485
Daya yang dibangkitkan (wh)	5,754,794,846
Daya yang dibangkitkan (Kwh)	5,754,794.85
Biaya energi (COE)	4,363.20
Profit Margin	10%
Biaya Jual per Kwh	Rp 4,799.523883
Biaya Jual per Kwh (dibulatkan)	Rp 4,800.00

Tabel 4. 56 Perhitungan Biaya Jual Listrik per Kwh di Kabupaten Malinau.

Biaya Total	5,332,199,363,361
Daya yang dibangkitkan (wattpeak)	334,490,635
Daya yang dibangkitkan (wh)	3,344,906,352
Daya yang dibangkitkan (Kwh)	3,344,906.35
Biaya energi (COE)	4,367.47
Profit Margin	10%
Biaya Jual per Kwh	Rp 4,804.212802
Biaya Jual per Kwh (dibulatkan)	Rp 4,800.00

Sama halnya dengan energi mikrohidro, selanjutnya akan dihitung harga jual listrik sebagai harga beli dari PT PLN Persero, dengan posisi perusahaan sebagai usaha *non-profit based*. Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2012, tentang Harga Pembelian Tenaga Listrik yang Menggunakan Energi Terbarukan Skala Kecil dan Menengah atau Kelebihan Tenaga Listrik, tertulis dalam Pasal 2 ayat 1, bahwa pembelian tenaga listrik EBT selain biomass dan biogas (termasuk energi surya), dengan interkoneksi pada tegangan rendah (SUTR), yaitu bernilai Rp 1,004/Kwh x F. F merupakan faktor insentif sesuai dengan lokasi pembelian tenaga listrik oleh PT PLN (Persero), dengan besaran F di wilayah Kalimantan sebesar F = 1,3. Dari keterangan tersebut, dapat dihitung harga jual atau harga beli PLN yaitu sebagai berikut:

$$\text{Rp } 1,004/\text{Kwh} \times 1,3 = \text{Rp } 1,305.2 \text{ per Kwh} \approx \text{Rp } 1,350 \text{ per Kwh}$$

Dari kedua perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa harga jual sebagai bentuk usaha obligasi (dalam hal ini proyek pemerintah) yang akan dibeli oleh PLN yaitu Rp 1,350 bernilai lebih rendah dibandingkan dengan harga jual sebagai usaha mandiri *profit-based* yaitu sebesar kurang lebih Rp 4,800 per Kwh nya.

4.5.2.3 Perhitungan NPV Uji Kelayakan Finansial PLTS

Dalam perhitungan NPV untuk menguji kelayakan secara finansial, sebelumnya dilakukan perhitungan *cashflow* untuk tiap pembangkit tiap tahunnya, dengan beberapa konstrain sebagai berikut:

- Tahun 0 merupakan tahun pembangunan PLTS, sehingga hanya terdapat komponen biaya investasi *capital cost* (-).
- Masing-masing tahun (setelah tahun 2015) memiliki persentase inflasi yang dihitung berdasarkan data historis inflasi, tercantum dalam Tabel 4.35.
- Masing-masing tahun setelah tahun pembangunan, memiliki komponen biaya pendapatan/*sales* (+) dan komponen biaya OM/*Operational&Maintenance* (-).

Tabel 4. 57 Contoh Perhitungan *Cashflow* dan NPV Salah Satu PLTS di Kabupaten Nunukan Tahun 2015.

1 dari 10 PLTS dengan Daya 444 Kw, Kabupaten Nunukan, Tahun 2015							
Tahun	Biaya Capital	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	Discount Factor	Present Value (NCF)	Kumulatif PVNCF
0	Rp7,053,776,142				1.0000		
1		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.9050	Rp8,389,632,763	Rp8,389,632,763
2		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.8190	Rp7,592,427,840	Rp15,982,060,604
3		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.7412	Rp6,870,975,421	Rp22,853,036,025
4		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.6707	Rp6,218,077,304	Rp29,071,113,329
5		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.6070	Rp5,627,219,280	Rp34,698,332,608
6		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.5493	Rp5,092,506,135	Rp39,790,838,744
7		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.4971	Rp4,608,602,838	Rp44,399,441,581
8		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.4499	Rp4,170,681,301	Rp48,570,122,882
9		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.4071	Rp3,774,372,218	Rp52,344,495,100
10		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.3684	Rp3,415,721,464	Rp55,760,216,565
11		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.3334	Rp3,091,150,646	Rp58,851,367,211
12		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.3018	Rp2,797,421,399	Rp61,648,788,610
13		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.2731	Rp2,531,603,076	Rp64,180,391,687
14		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.2471	Rp2,291,043,508	Rp66,471,435,195
15		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.2236	Rp2,073,342,541	Rp68,544,777,736

Tabel 4.57 Contoh Perhitungan *Cashflow* dan NPV Salah Satu PLTS di Kabupaten Nunukan Tahun 2015 (lanjutan).

1 dari 10 PLTS dengan Daya 444 Kw, Kabupaten Nunukan, Tahun 2015							
Tahun	Biaya Capital	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	Discount Factor	Present Value (NCF)	Kumulatif PVNCF
16		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.2024	Rp1,876,328,092	Rp70,421,105,828
17		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.1832	Rp1,698,034,472	Rp72,119,140,300
18		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.1658	Rp1,536,682,780	Rp73,655,823,080
19		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.1500	Rp1,390,663,149	Rp75,046,486,230
20		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.1358	Rp1,258,518,687	Rp76,305,004,917
21		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.1229	Rp1,138,930,939	Rp77,443,935,856
22		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.1112	Rp1,030,706,732	Rp78,474,642,587
23		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.1006	Rp932,766,273	Rp79,407,408,861
24		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.0911	Rp844,132,374	Rp80,251,541,235
25		Rp9,341,081,965	Rp70,537,761	Rp9,270,544,204	0.0824	Rp763,920,700	Rp81,015,461,935
NPV			Rp73,961,685,793.40	TOTAL PVNCF		Rp81,015,461,935	

Selanjutnya dilakukan perhitungan selisih biaya investasi yang dianggarkan per tahunnya dengan total biaya pembangunan per PLTS. Perhitungan selisih antara biaya investasi yang dianggarkan dengan biaya pembangunan aktual bertujuan untuk melihat apakah dana yang dianggarkan dapat memenuhi perencanaan pembangunan yang dilakukan hingga tahun 2030. Biaya investasi yang dianggarkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Biaya Investasi Anggaran} = \frac{\text{Jumlah Keseluruhan Biaya Pembangunan}}{\text{Jumlah Tahun Selama Pembangunan}}$$

Contoh perhitungan biaya investasi anggaran per tahun untuk PLTS di Kabupaten Nunukan:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Investasi Anggaran} &= \text{Rp } 9,073,953,234,871 / 16 \text{ Tahun} \\ &= \text{Rp} \mathbf{567,122,077,179.45} \end{aligned}$$

Rekap perhitungan biaya investasi, dan perbandingannya dengan total biaya pembangunan dapat dilihat pada Tabel 4.58 untuk Kabupaten Nunukan dan Tabel 4.59 untuk Kabupaten Malinau.

Setelah diketahui perbandingan antara total biaya pembangunan dan dana investasi yang dianggarkan untuk masing-masing PLTS tiap tahunnya, maka dapat diketahui estimasi jumlah dana anggaran yang tersisa hingga tahun akhir pembangunan. Pada Tabel 4.60 dan Tabel 4.61 disajikan rekap data total dana tersisa untuk masing-masing Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau, beserta dengan rekap perhitungan NPV dari masing-masing PLTS yang dibangun.

Tabel 4. 58 Perbandingan Total Biaya Pembangunan Aktual dengan Investasi per PLTS di Kabupaten Nunukan.

Tahun	Jml. PLTS	Daya Mampu per PLTS (Kw)	Biaya Pembangunan per PLTS(Rp)	Total Biaya per PLTS Setelah Inflasi (Rp)	Investasi per PLTS per Tahun (Rp)	Selisih Investasi-Biaya
2015	10	444.31	Rp7,053,776,141.61	Rp7,053,776,141.61	Rp56,712,207,717.95	Rp49,658,431,576.33
2016	10	552.27	Rp8,754,052,429.02	Rp9,157,007,590.17	Rp56,712,207,717.95	Rp47,555,200,127.78
2017	10	686.47	Rp10,867,368,802.27	Rp11,343,326,953.71	Rp56,712,207,717.95	Rp45,368,880,764.24
2018	10	853.29	Rp13,493,923,633.23	Rp14,056,239,720.09	Rp56,712,207,717.95	Rp42,655,967,997.86
2019	10	1,060.64	Rp16,759,180,218.10	Rp17,423,676,686.00	Rp56,712,207,717.95	Rp39,288,531,031.95
2020	15	878.91	Rp13,897,046,398.73	Rp14,421,322,202.06	Rp37,808,138,478.63	Rp23,386,816,276.57
2021	15	1,092.49	Rp17,260,066,696.63	Rp17,879,616,790.70	Rp37,808,138,478.63	Rp19,928,521,687.93
2022	15	1,357.96	Rp21,440,363,317.57	Rp22,172,620,334.03	Rp37,808,138,478.63	Rp15,635,518,144.60
2023	15	1,687.95	Rp26,636,527,336.74	Rp27,502,107,929.08	Rp37,808,138,478.63	Rp10,306,030,549.55
2024	15	2,098.12	Rp33,095,389,227.91	Rp34,118,668,876.98	Rp37,808,138,478.63	Rp3,689,469,601.65
2025	15	2,607.97	Rp41,123,697,419.95	Rp42,333,507,249.61	Rp37,808,138,478.63	(Rp4,525,368,770.98)
2026	15	3,241.70	Rp51,103,036,209.33	Rp52,533,471,516.48	Rp37,808,138,478.63	(Rp14,725,333,037.85)
2027	15	4,029.43	Rp63,507,135,826.54	Rp65,198,521,375.00	Rp37,808,138,478.63	(Rp27,390,382,896.37)
2028	15	5,008.59	Rp78,925,560,901.38	Rp80,925,581,969.96	Rp37,808,138,478.63	(Rp43,117,443,491.33)
2029	15	6,225.67	Rp98,090,619,152.09	Rp100,455,682,070.46	Rp37,808,138,478.63	(Rp62,647,543,591.83)
2030	15	7,738.51	Rp121,912,880,355.05	Rp124,709,683,743.27	Rp37,808,138,478.63	(Rp86,901,545,264.64)
TOTAL	215	-	Rp623,920,624,066.16	Rp641,284,811,149.21	Rp699,450,561,854.66	Rp58,165,750,705.45

Tabel 4. 59 Perbandingan Total Biaya Pembangunan Aktual dengan Investasi per PLTS di Kabupaten Malinau.

Tahun	Jumlah PLTS	Daya Mampu per PLTS (Kw)	Biaya Pembangunan per PLTS(Rp)	Total Biaya per PLTS Setelah Inflasi (Rp)	Investasi per PLTS per Tahun (Rp)	Selisih Investasi-Biaya
2015	10	285.37	Rp4,551,112,968.64	Rp4,551,112,968.64	Rp32,964,449,814.12	Rp28,413,336,845.48
2016	10	351.60	Rp5,593,793,608.86	Rp5,851,279,844.33	Rp32,964,449,814.12	Rp27,113,169,969.78
2017	10	433.20	Rp6,879,247,511.78	Rp7,180,537,915.05	Rp32,964,449,814.12	Rp25,783,911,899.06
2018	10	533.75	Rp8,462,237,393.46	Rp8,814,874,057.68	Rp32,964,449,814.12	Rp24,149,575,756.44
2019	10	657.63	Rp10,413,160,421.29	Rp10,826,039,108.04	Rp32,964,449,814.12	Rp22,138,410,706.07
2020	15	540.18	Rp8,563,150,431.11	Rp8,886,201,275.33	Rp21,976,299,876.08	Rp13,090,098,600.75
2021	15	665.56	Rp10,537,365,062.67	Rp10,915,603,781.60	Rp21,976,299,876.08	Rp11,060,696,094.48
2022	15	820.03	Rp12,969,956,009.15	Rp13,412,921,510.72	Rp21,976,299,876.08	Rp8,563,378,365.35
2023	15	1,010.36	Rp15,966,820,187.98	Rp16,485,677,976.80	Rp21,976,299,876.08	Rp5,490,621,899.27
2024	15	1,244.87	Rp19,659,616,575.04	Rp20,267,474,225.88	Rp21,976,299,876.08	Rp1,708,825,650.19
2025	15	1,533.80	Rp24,209,279,163.07	Rp24,921,487,104.91	Rp21,976,299,876.08	(Rp2,945,187,228.84)
2026	15	1,889.80	Rp29,815,088,641.59	Rp30,649,648,750.77	Rp21,976,299,876.08	(Rp8,673,348,874.69)
2027	15	2,328.42	Rp36,721,992,236.73	Rp37,700,009,055.97	Rp21,976,299,876.08	(Rp15,723,709,179.89)
2028	15	2,868.84	Rp45,231,736,220.71	Rp46,377,935,555.58	Rp21,976,299,876.08	(Rp24,401,635,679.51)
2029	15	3,534.70	Rp55,716,760,872.64	Rp57,060,147,694.04	Rp21,976,299,876.08	(Rp35,083,847,817.96)
2030	15	4,355.11	Rp68,635,554,013.88	Rp70,210,122,258.51	Rp21,976,299,876.08	(Rp48,233,822,382.43)
TOTAL	215	-	Rp363,926,871,318.59	Rp374,111,073,083.86	Rp406,561,547,707.44	Rp32,450,474,623.57

Tabel 4. 60 Rekap Total Dana Tersisa dan NPV Masing-Masing PLTS di Kabupaten Nunukan.

Tahun	Jumlah PLTS	Daya Mampu per PLTS (Kw)	Total Dana Tersisa per PLTS	NPV (Harga Pokok Produksi)	NPV (Harga Beli PLN)	Kesimpulan
2015	10	444.31	Rp0.00	Rp73,961,685,793.40	Rp18,542,437,119.46	Layak
2016	10	552.27	Rp49,658,431,576.33	Rp91,949,371,981.84	Rp21,334,801,470.98	Layak
2017	10	686.47	Rp97,213,631,704.11	Rp114,308,204,069.16	Rp24,805,716,069.19	Layak
2018	10	853.29	Rp142,582,512,468.35	Rp142,100,555,766.38	Rp29,120,076,279.83	Layak
2019	10	1,060.64	Rp185,238,480,466.21	Rp176,645,960,763.95	Rp34,482,805,848.30	Layak
2020	15	878.91	Rp224,527,011,498.16	Rp146,370,536,779.02	Rp23,434,483,561.98	Layak
2021	15	1,092.49	Rp247,913,827,774.73	Rp181,953,759,333.14	Rp28,958,283,710.15	Layak
2022	15	1,357.96	Rp267,842,349,462.66	Rp226,183,637,124.92	Rp35,824,364,490.71	Layak
2023	15	1,687.95	Rp283,477,867,607.26	Rp281,161,315,066.40	Rp44,358,900,415.09	Layak
2024	15	2,098.12	Rp293,783,898,156.81	Rp349,498,536,109.28	Rp54,967,327,220.31	Layak
2025	15	2,607.97	Rp297,473,367,758.46	Rp434,441,763,997.60	Rp68,153,604,306.80	Layak
2026	15	3,241.70	Rp292,947,998,987.48	Rp540,026,031,298.44	Rp84,544,139,908.15	Layak
2027	15	4,029.43	Rp278,222,665,949.63	Rp671,267,513,145.98	Rp104,917,585,479.16	Layak
2028	15	5,008.59	Rp250,832,283,053.25	Rp834,400,534,536.55	Rp130,241,772,515.86	Layak
2029	15	6,225.67	Rp207,714,839,561.92	Rp1,037,174,928,097.79	Rp161,719,738,984.95	Layak
2030	15	7,738.51	Rp145,067,295,970.09	Rp1,289,223,397,300.12	Rp200,846,847,091.10	Layak
TOTAL	215	-	Rp58,165,750,705.45	-	-	-

Tabel 4. 61 Rekap Total Dana Tersisa dan NPV Masing-Masing PLTS di Kabupaten Malinau.

Tahun	Jumlah PLTS	Daya Mampu per PLTS (Kw)	Total Dana Tersisa per PLTS	NPV (Harga Pokok Produksi)	NPV (Harga Beli PLN)	Kesimpulan
2015	10	285.37	Rp0.00	Rp47,535,657,085.07	Rp11,929,029,274.22	Layak
2016	10	351.60	Rp28,413,336,845.48	Rp58,583,507,136.79	Rp13,642,056,254.13	Layak
2017	10	433.20	Rp55,526,506,815.26	Rp72,194,729,063.62	Rp15,752,642,325.88	Layak
2018	10	533.75	Rp81,310,418,714.32	Rp88,966,004,945.76	Rp18,353,132,177.22	Layak
2019	10	657.63	Rp105,459,994,470.76	Rp109,629,327,218.25	Rp21,557,172,302.38	Layak
2020	15	540.18	Rp127,598,405,176.84	Rp90,038,894,199.65	Rp18,519,450,605.35	Layak
2021	15	665.56	Rp140,688,503,777.59	Rp110,951,375,768.29	Rp21,762,099,093.46	Layak
2022	15	820.03	Rp151,749,199,872.07	Rp136,717,469,131.61	Rp25,757,359,056.44	Layak
2023	15	1,010.36	Rp160,312,578,237.42	Rp168,464,232,828.08	Rp30,679,933,736.49	Layak
2024	15	1,244.87	Rp165,803,200,136.70	Rp207,579,028,882.88	Rp36,745,021,821.18	Layak
2025	15	1,533.80	Rp167,512,025,786.89	Rp255,772,621,203.04	Rp44,217,827,268.43	Layak
2026	15	1,889.80	Rp164,566,838,558.06	Rp315,151,761,222.77	Rp53,425,063,211.62	Layak
2027	15	2,328.42	Rp155,893,489,683.36	Rp388,312,815,150.88	Rp64,769,299,258.16	Layak
2028	15	2,868.84	Rp140,169,780,503.47	Rp478,454,823,648.02	Rp78,746,543,812.22	Layak
2029	15	3,534.70	Rp115,768,144,823.96	Rp589,518,608,451.32	Rp95,967,899,229.00	Layak
2030	15	4,355.11	Rp80,684,297,006.00	Rp726,360,086,462.79	Rp117,186,322,508.29	Layak
TOTAL	215	-	Rp32,450,474,623.57	-	-	-

Dari Tabel 4.60 dan Tabel 4.61, terlihat bahwa anggaran dana investasi untuk pembangunan PLTS di masing-masing kabupaten masih tersisa dengan jumlah sebanyak Rp58,165,750,705.45 untuk Kabupaten Nunukan dan sebanyak Rp32,450,474,623.57 untuk Kabupaten Malinau. Hal ini mengindikasikan bahwa dapat terjadi adanya efisiensi biaya atau dana yang dianggarkan di awal perencanaan pembangunan. Selain itu, nilai NPV untuk masing-masing PLTS yang dibangun juga bernilai positif, hal ini menunjukkan bahwa pembangkit-pembangkit tersebut layak untuk dibangun secara finansial. Namun, apabila nilai NPV bernilai negatif, pembangkit-pembangkit tersebut tetap harus dibangun dikarenakan kebutuhan masyarakat akan energi listrik tetap merupakan tanggung jawab pemerintah dalam pemenuhannya.

4.6 Perencanaan Lokasi dan Tahun Pembangunan Pembangkit

Dengan beberapa pertimbangan biaya dan persebaran letak pembangkit agar dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, maka perlu dibuat perencanaan lokasi atau letak pembangunan pembangkit, serta tahun pembangunannya. Berikut ini akan dibahas lebih lanjut mengenai perencanaan lokasi dan tahun pembangunan PLTMH dan PLTS di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau.

4.6.1 Perencanaan Lokasi dan Tahun Pembangunan PLTMH

Perencanaan lokasi untuk pembangunan PLTMH menyesuaikan letak sungai yang ada di masing-masing kabupaten. Untuk tahun pembangunan, mengikuti tahun pembangunan yang direncanakan dalam *timeline project*, yaitu tahun 2015 hingga tahun 2030.

a) Kabupaten Nunukan

Dikarenakan sungai yang berpotensi di Kabupaten Nunukan sesuai dengan hasil identifikasi yang telah dilakukan pada sub bab 4.1 dan sub bab 4.3, hanya berjumlah satu buah sungai yaitu Sungai Sembakung, maka dalam perencanaan

pembangunannya akan dibagi menjadi tiga unit PLTMH yang akan tersebar di kecamatan-kecamatan yang paling membutuhkan energi listrik, berdasarkan rasio elektrifikasi terendah. Pembagian pembangunan ke dalam tiga unit, dipertimbangkan berdasarkan jumlah Kw daya mampu yang akan dibangkitkan, dimana sebuah PLTMH memiliki kisaran daya mampu sebesar 500 watt – 100 Kw dan 100 Kw – 1 Mw untuk kategori minihidro, sehingga diasumsikan PLTMH yang dibangun ini harus memiliki daya mampu minimal sebesar 100 Kw. Tabel 4.62 menunjukkan perencanaan tahun pembangunan PLTMH untuk tahun 2015 hingga tahun 2017 di Kabupaten Nunukan beserta dengan daya mampu yang akan dibangkitkan oleh masing-masing PLTMH.

Tabel 4. 62 Perencanaan Pembangunan PLTMH di Kabupaten Nunukan.

Tahun	Nama Lokasi PLTMH	Daya Pasang (Kw)	Daya Mampu (Kw)
2015	Sembakung, Nunukan	200	154
2016	Sembakung, Nunukan	150	115.5
2017	Sembakung, Nunukan	150	115.5
TOTAL		500	385

Untuk perencanaan lokasi seperti yang telah dibahas sebelumnya, dikarenakan jumlah sungai berpotensi di Kabupaten Nunukan hanya Sungai Sembakung, maka pembangunan tiga buah PLTMH yang telah direncanakan mengikuti rasio elektrifikasi terendah, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.9.

b) Kabupaten Malinau

Untuk Kabupaten Malinau, jumlah sungai yang berpotensi terdapat sebanyak 16 buah, yaitu sama dengan jumlah tahun dalam *project timeline* selama 16 tahun. Oleh karena itu, perencanaan pembangunan untuk PLTMH di Kabupaten Malinau disusun masing-masing satu buah PLTMH tiap tahunnya, dengan daya mampu masing-masing sungai yang telah teridentifikasi dan dihitung sebelumnya pada sub

bab 4.1 dan sub bab 4.3. Tabel 4.63 menunjukkan perencanaan tahun pembangunan PLTMH untuk tahun 2015 hingga tahun 2030 di Kabupaten Malinau beserta dengan daya mampu yang akan dibangkitkan oleh masing-masing PLTMH.

Tabel 4. 63 Perencanaan Pembangunan PLTMH di Kabupaten Malinau.

Tahun	Nama Lokasi PLTMH	Daya Pasang (Kw)	Daya Mampu (Kw)
2015	Paking, Malinau	40	30.8
2016	Long Berang, Malinau	45	34.65
2017	Long Semamu, Malinau	10	7.7
2018	Long Pujungan, Malinau	60	46.2
2019	Sei Anai & Metun, Malinau	32	24.64
2020	Long Uro & Lidung Payau, Malinau	32	24.64
2021	Long Pala, Malinau	8	6.16
2022	Long Alango, Malinau	60	46.2
2023	Apau Ping, Malinau	24	18.48
2024	Data Dian, Malinau	10	7.7
2025	Long Ampung/Metulang, Malinau	35	26.95
2026	Sei Barang, Malinau	25	19.25
2027	Long Payau, Malinau	112.5	86.625
2028	Mahak Baru & Dumu Mahak, Malinau	80	61.6
2029	Long Sule & Long Pipa, Malinau	375	288.75
2030	Long Aran, Malinau	80	61.6
TOTAL		1028.5	791.95

Untuk perencanaan lokasi seperti yang telah dibahas sebelumnya, untuk pembangunan PLTMH di Kabupaten Malinau menyesuaikan letak sungai yang ada di masing-masing kecamatan di Kabupaten Malinau, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.10.



Gambar 4. 9 Perencanaan Lokasi PLTMH di Kabupaten Nunukan.

Keterangan : ■ 2015; ■ 2016; ■ 2017.



Gambar 4. 10 Perencanaan Lokasi PLTMH di Kabupaten Malinau.

Keterangan :

2015;	2016;	2017;	2018;
2019;	2020;	2021;	2022;
2023;	2024;	2025;	2026;
2027;	2028;	2029;	2030.

4.6.2 Perencanaan Lokasi dan Tahun Pembangunan PLTS

Penentuan lokasi pembangunan dikerjakan dengan menggunakan metode *Brown Gibson*, dimana terdapat aspek objektif dan subjektif di dalamnya. Aspek objektif ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu: jumlah penduduk yang belum teraliri listrik (diketahui dari rasio elektrifikasi masing-masing kecamatan di kabupaten terkait); infrastruktur sosial seperti sarana pendidikan, tempat ibadah dan sarana kesehatan; serta jumlah industri dan perdagangan yang mendukung. Sedangkan untuk faktor subjektif terdiri dari aspek berikut: geografis wilayah masing-masing kecamatan; pola konsumsi energi listrik masyarakat; serta ketersediaan potensi EBT di masing-masing wilayah.

a) Kabupaten Nunukan

Perhitungan pertama yang dilakukan adalah mencari nilai faktor objektif (Of) dari Kabupaten Nunukan dalam penentuan prioritas urutan pembangunan PLTS, dengan beberapa parameter yaitu jumlah penduduk yang belum teraliri listrik; infrastruktur sosial seperti sarana pendidikan, tempat ibadah dan sarana kesehatan; serta jumlah industri dan perdagangan yang mendukung. Jumlah penduduk yang belum teraliri listrik didapatkan dari data jumlah penduduk dikurangi dengan jumlah penduduk dikali dengan rasio elektrifikasi, seperti pada Persamaan 4.21 (PT PLN (Persero), 2014).

$$Jml\ Penduduk\ Belum\ Teraliri = (1 - Rasio\ Elektrifikasi) \times Jml\ Penduduk \quad (4.21)$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan jumlah penduduk yang belum teraliri listrik untuk Kecamatan Krayan:

$$Jumlah\ Penduduk\ Belum\ Teraliri\ Listrik = (1 - 41.08\%) \times 8,283$$

$$Jumlah\ Penduduk\ Belum\ Teraliri\ Listrik = 4,880$$

Kemudian dihitung pula infrastruktur sosial yang ada di Kabupaten Nunukan, yaitu berupa fasilitas pendidikan (TK Negeri, TK Swasta, SD Negeri, SD Swasta, SLTP Negeri, SLTP Swasta, SLTA Negeri, SLTA Swasta, SMK Negeri, SMK Swasta, dan Pesantren), fasilitas kesehatan (Rumah Sakit, Puskesmas, Klinik, Posyandu, Bidan Praktek), serta jumlah fasilitas tempat ibadah. Kemudian jumlah infrastruktur sosial tersebut dikalikan dengan jumlah penduduk yang ada di masing-masing kecamatan, sehingga didapatkan data dengan satuan yang sama dengan jumlah penduduk yang belum teraliri listrik. Berikut ini contoh perhitungan infrastruktur sosial untuk Kecamatan Krayan:

$$\text{Kebutuhan Infrastruktur Sosial} = \text{Jumlah Infrastruktur Sosial} \times \text{Jumlah Penduduk}$$

$$\text{Kebutuhan Infrastruktur Sosial} = 64 \times 8,283$$

$$\text{Kebutuhan Infrastruktur Sosial} = 530,112$$

Sama halnya dengan perhitungan kebutuhan infrastruktur sosial, dilakukan pula perhitungan untuk jumlah industri dan perdagangan yang ada di masing-masing kecamatan di Kabupaten Nunukan, yaitu dengan contoh perhitungan untuk Kecamatan Krayan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Industri \& Perdagangan}$$

$$= \text{Jumlah Industri \& Perdagangan} \times \text{Jumlah Penduduk}$$

$$\text{Jumlah Industri \& Perdagangan} = 54 \times 8,283$$

$$\text{Jumlah Industri \& Perdagangan} = 447,282$$

Kemudian dilakukan perhitungan untuk Total variabel objektif (Oi) dan Faktor Objektif untuk masing-masing kecamatan dengan persamaan sebagai berikut (Anityasari, 2009):

$$\begin{aligned} \text{Total Oi} &= \text{Jumlah Penduduk Belum Teraliri Listrik} + \text{Infrastruktur Sosial} \\ &+ \text{Industri \& Perdagangan} \end{aligned}$$

$$Of = (Oi \times \sum \frac{1}{oi})^{-1} \quad (\text{Anityasari, 2009}).$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan faktor objektif untuk Kecamatan Krayan:

$$\textbf{Total } Oi = 4,880 + 530,112 + 447,282 = 982,274$$

$$\textbf{Of} = (982,274 \times 0.0000352)^{-1} = 0.028884$$

Setelah dilakukan perhitungan faktor objektif untuk semua kecamatan di Kabupaten Nunukan, rekap perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.64. Selanjutnya dilakukan pula untuk perhitungan Faktor Subjektif untuk tiap kecamatan di Kabupaten Nunukan. Faktor subjektif tersebut terdiri dari beberapa variabel yaitu aspek berikut: geografis wilayah masing-masing kecamatan; pola konsumsi energi listrik masyarakat; serta ketersediaan potensi EBT di masing-masing wilayah.

Tabel 4. 64 Rekap Perhitungan Faktor Objektif di Masing-Maing Kecamatan
Kabupaten Nunukan.

Kecamatan	Faktor Objektif			Total Oi	1/Oi	OF
	Jumlah Penduduk Belum Teraliri listrik	Infrastruktur Sosial	Jumlah Industri dan Perdagangan			
Krayan	4,880	530,112	447,282	982,274.34	0.0000010	0.028884
Krayan Selatan	1,050	53,403	68,661	123,114.77	0.0000081	0.230453
Lumbis	3,822	505,208	63,151	572,181.36	0.0000017	0.049586
Lumbis Ogong	4,201	79,326	97,632	181,159.23	0.0000055	0.156614
Sembakung	5,558	961,270	386,490	1,353,318.52	0.0000007	0.020965
Nunukan	14,937	14,722,571	16,618,181	31,355,689.41	0.0000000	0.000905
Sei Menggaris	-	288,145	92,950	381,095.00	0.0000026	0.074449
Nunukan Selatan	6,972	1,767,456	625,974	2,400,402.25	0.0000004	0.01182
Sebuku	8,797	1,265,992	243,460	1,518,249.43	0.0000007	0.018687
Tulin Onsoi	5,889	272,204	296,222	574,315.21	0.0000017	0.049402
Sebatik	2,512	468,813	55,451	526,776.43	0.0000019	0.05386
Sebatik Timur	8,512	190,218	394,023	592,753.26	0.0000017	0.047865
Sebatik Tengah	3,911	238,800	95,520	338,231.54	0.0000030	0.083884
Sebatik Utara	3,088	49,032	147,096	199,216.40	0.0000050	0.142419
Sebatik Barat	3,912	646,228	289,102	939,242.23	0.0000011	0.030207
					0.0000352	1

Diasumsikan, tingkat kepentingan dari masing-masing variabel faktor subjektif tersebut adalah sama, sehingga didapatkan Relative Important Index untuk masing-masing variabel seperti terlihat dalam Tabel 4.65, dengan perhitungan menggunakan Persamaan 4.22 sebagai berikut (Anityasari, 2009):

$$\text{Ranking Relative Important Index} = \frac{\text{Total Variabel}}{\text{Total Sf}} \quad (4.22)$$

$$\text{Ranking Relative Important Index} = \frac{1}{3} = 0.33$$

Tabel 4. 65 Perhitungan Relative Important Index Faktor Subjektif Kabupaten Nunukan.

Faktor Subyektif	Perbandingan			Total	Ranking Relative Important Index (Rij)
	Geografis Wilayah	Pola konsumsi masyarakat	Ketersediaan EBT		
Geografis Wilayah	-	0	1	1	0.333333333
Pola konsumsi masyarakat	1	-	0	1	0.333333333
Ketersediaan EBT	0	1	-	1	0.333333333
Total Sf				3	

Selanjutnya dilakukan perhitungan Relative Important Index (Wj) untuk masing-masing aspek/variabel faktor subjektif pada tiap kecamatan di Kabupaten Nunukan, seperti yang dapat terlihat pada Tabel 4.66, Tabel 4.67 dan Tabel 4.68.

Tabel 4. 66 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Geografis Wilayah di Kabupaten Nunukan.

Geografis Wilayah																	
Prioritas Pembangunan	Perbandingan															Total	Relative Important Index (wj)
	Krayan	Krayan Selatan	Lumbis	Lumbis Ogong	Sembakung	Nunukan	Sei Menggaris	Nunukan Selatan	Sebuku	Tulin Onsoi	Sebatik	Sebatik Timur	Sebatik Tengah	Sebatik Utara	Sebatik Barat		
Krayan	-	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	7	0.067
Krayan Selatan	0	-	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0.038
Lumbis	0	0	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.010
Lumbis Ogong	0	0	1	-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.019
Sembakung	0	1	1	1	-	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	6	0.057
Nunukan	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	0.133
Sei Menggaris	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
Nunukan Selatan	1	1	1	1	1	0	1	-	1	1	1	1	1	1	1	13	0.124
Sebuku	0	0	1	1	0	0	1	0	-	0	0	0	0	0	0	3	0.029
Tulin Onsoi	0	1	1	1	0	0	1	0	1	-	0	0	0	0	0	5	0.048
Sebatik	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	-	1	1	1	1	12	0.114
Sebatik Timur	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	-	0	0	1	9	0.086
Sebatik Tengah	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	-	1	1	11	0.105
Sebatik Utara	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	-	1	10	0.095
Sebatik Barat	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	-	8	0.076
																105	1

Tabel 4. 67 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Pola Konsumsi Masyarakat di Kabupaten Nunukan.

Pola Konsumsi Masyarakat																	
Prioritas Pembangunan	Perbandingan															Total	Relative Important Index (wj)
	Krayan	Krayan Selatan	Lumbis	Lumbis Ogong	Sembakung	Nunukan	Sei Menggaris	Nunukan Selatan	Sebuku	Tulin Onsoi	Sebatik	Sebatik Timur	Sebatik Tengah	Sebatik Utara	Sebatik Barat		
Krayan	-	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	7	0.066
Krayan Selatan	0-	-	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0.038
Lumbis	0	0-	-	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0.028
Lumbis Ogong	0	0	0-	-	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0.019
Sembakung	1	1	1	1-	-	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	7	0.066
Nunukan	1	1	1	1	1-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	0.132
Sei Menggaris	0	0	0	0	0	0-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
Nunukan Selatan	1	1	1	1	1	0	1-	-	1	1	1	1	1	1	1	13	0.123
Sebuku	0	0	0	0	0	0	1	0-	-	0	0	0	0	0	0	1	0.009
Tulin Onsoi	0	1	1	1	0	0	1	0	1-	-	0	0	0	0	0	5	0.047
Sebatik	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1-	-	0	1	1	1	11	0.104
Sebatik Timur	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1-	-	1	1	1	12	0.113
Sebatik Tengah	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0-	-	1	1	10	0.094
Sebatik Utara	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0-	-	1	9	0.085
Sebatik Barat	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0-	-	8	0.075
																106	1

Tabel 4. 68 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Ketersediaan EBT di Kabupaten Nunukan..

Ketersediaan EBT																	
Prioritas Pembangunan	Perbandingan															Total	Relative Important Index (w _j)
	Krayan	Krayan Selatan	Lumbis	Lumbis Ogong	Sembakung	Nunukan	Sei Menggaris	Nunukan Selatan	Sebuku	Tulin Onsoi	Sebatik	Sebatik Timur	Sebatik Tengah	Sebatik Utara	Sebatik Barat		
Krayan	-	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	0.114
Krayan Selatan	0-	-	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0.105
Lumbis	0	0-	-	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	6	0.057
Lumbis Ogong	1	1	1-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	0.133
Sembakung	1	1	1	0-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	0.124
Nunukan	0	0	1	0	0-	-	0	1	0	0	1	1	1	1	1	7	0.067
Sei Menggaris	0	0	1	0	0	1-	-	1	0	0	1	1	1	1	1	8	0.076
Nunukan Selatan	0	0	0	0	0	0	0-	-	0	0	1	1	1	1	1	5	0.048
Sebuku	0	0	1	0	0	1	1	1-	-	1	1	1	1	1	1	10	0.095
Tulin Onsoi	0	0	1	0	0	1	1	1	0-	-	1	1	1	1	1	9	0.086
Sebatik	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0-	-	1	1	1	0	3	0.029
Sebatik Timur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0-	-	0	1	0	1	0.010
Sebatik Tengah	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-	-	1	0	2	0.019
Sebatik Utara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0-	-	0	0	0.000
Sebatik Barat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1-	-	4	0.038
																105	1

Tabel 4. 69 Pairwise Comparison Perhitungan Faktor Subjektif di Kabupaten Nunukan.

Faktor Subyektif	Pairwise Comparison															Ranking (Rij)
	Krayan	Krayan Selatan	Lumbis	Lumbis Ogong	Sembakung	Nunukan	Sei Menggaris	Nunukan Selatan	Sebuku	Tulin Onsoi	Sebatik	Sebatik Timur	Sebatik Tengah	Sebatik Utara	Sebatik Barat	
Geografis Wilayah	0.067	0.038	0.010	0.019	0.057	0.133	0.000	0.124	0.029	0.048	0.114	0.086	0.105	0.095	0.076	0.3333
Pola konsumsi masyarakat	0.066	0.038	0.028	0.019	0.066	0.132	0.000	0.123	0.009	0.047	0.104	0.113	0.094	0.085	0.075	0.3333
Ketersediaan EBT	0.114	0.105	0.057	0.133	0.124	0.067	0.076	0.048	0.095	0.086	0.029	0.010	0.019	0.000	0.038	0.3333

Tabel 4. 70 Pembobotan Faktor Subjektif untuk Kabupaten Nunukan.

Jenis Pembobotan	Sfi 1	Sfi 2	Sfi 3	Sfi 4	Sfi 5	Sfi 6	Sfi 7	Sfi 8	Sfi 9	Sfi 10	Sfi 11	Sfi 12	Sfi 13	Sfi 14	Sfi 15
Geografis Wilayah	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.04	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Pola konsumsi masyarakat	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.00	0.04	0.00	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
Ketersediaan EBT	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Total	0.082	0.060	0.032	0.057	0.082	0.111	0.025	0.098	0.044	0.060	0.082	0.069	0.073	0.060	0.063

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan Pairwise Comparison sebagai rekap dari perhitungan Relative Important Index (W_j) dan Ranking (R_{ij}) masing-masing faktor subjektif yang telah dilakukan sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 4.69. Sehingga selanjutnya dapat dilakukan pembobotan untuk faktor subjektif yang disajikan pada Tabel 4.70. Pembobotan Faktor Subjektif dilakukan dengan Persamaan 4.23 sebagai berikut (Anityasari, 2009):

$$Sfi = Wj \times Rij \quad (4.23)$$

Setelah melakukan perhitungan bobot untuk masing-masing Faktor Objektif dan Faktor Subjektif sebagai dasar pemilihan prioritas urutan pembangunan PLTS, dilakukan perhitungan *Location Preference Measure*, dengan memberikan bobot untuk faktor objektif dan faktor subjektif. Dalam tugas akhir ini, ditentukan bahwa kepentingan faktor objektif dan faktor subjektif adalah sama, sehingga masing-masing faktor memiliki bobot 0.5. Sehingga nilai *Location Preference Measure* (LPMi) didapatkan berdasarkan Persamaan 4.23 sebagai berikut (Anityasari, 2009):

$$LPMi = (0.5 \times Ofi) + ((1 - 0.5) \times Sfi) \quad (4.23)$$

Contoh perhitungan LPMi untuk Kecamatan Krayan:

$$LPMi = (0.5 \times 0.029) + ((1 - 0.5) \times 0.0823)$$

$$LPMi = 0.056$$

Rekap perhitungan LPMi untuk masing-masing kecamatan dapat dilihat dalam Tabel 4.71.

Tabel 4. 71 Perhitungan (*Location Preference Measure*) LPMi Tiap Kecamatan di Kabupaten Nunukan.

Prioritas Pembangunan	Ofi	Sfi	LPMi
Krayan	0.029	0.0823	0.056
Krayan Selatan	0.230	0.0602	0.145
Lumbis	0.050	0.0317	0.041
Lumbis Ogong	0.157	0.0571	0.107
Sembakung	0.021	0.0823	0.052
Nunukan	0.001	0.1107	0.056
Sei Menggaris	0.074	0.0254	0.050
Nunukan Selatan	0.012	0.0980	0.055
Sebuku	0.019	0.0444	0.032
Tulin Onsoi	0.049	0.0602	0.055
Sebatik	0.054	0.0822	0.068
Sebatik Timur	0.048	0.0695	0.059
Sebatik Tengah	0.084	0.0727	0.078
Sebatik Utara	0.142	0.0600	0.101
Sebatik Barat	0.030	0.0633	0.047

Setelah diketahui nilai LPMi di masing-masing kecamatan, nilai tersebut diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar untuk menentukan urutan prioritas pembangunan PLTS, yang disajikan pada Tabel 4.72.

Tabel 4. 72 Urutan Pembangunan PLTS di Kabupaten Nunukan.

Prioritas Pembangunan	LPMi	Urutan Pembangunan
Sebuku	0.0316	1
Lumbis	0.0406	2
Sebatik Barat	0.0467	3
Sei Menggaris	0.0499	4
Sembakung	0.0516	5
Tulin Onsoi	0.0548	6
Nunukan Selatan	0.0549	7
Krayan	0.0556	8
Nunukan	0.0558	9
Sebatik Timur	0.0587	10
Sebatik	0.0680	11
Sebatik Tengah	0.0783	12
Sebatik Utara	0.1012	13
Lumbis Ogong	0.1068	14
Krayan Selatan	0.1453	15

Dari Tabel 4.72, dapat terlihat bahwa Kecamatan Sebuku memiliki nilai LPMi terendah, sehingga menjadi prioritas pertama lokasi pembangunan PLTS di Kabupaten Nunukan, sedangkan Kecamatan dengan LPMi terbesar adalah Kecamatan Krayan Selatan, sehingga menjadi prioritas terakhir urutan pembangunan PLTS. Kemudian untuk perencanaan lokasi akan disajikan pada Tabel 4.73.

Tabel 4. 73 Perencanaan Lokasi Pembangunan PLTS Tahun 2015-2030 di Kabupaten Nunukan.

Kabupaten/ Kecamatan	Tahun															
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nunukan																
Sebuku																
Lumbis																
Sebatik Barat																
Sei Menggaris																
Sembakung																
Tulin Onsoi																
Nunukan Selatan																
Krayan																
Nunukan																
Sebatik Timur																
Sebatik																
Sebatik Tengah																
Sebatik Utara																
Lumbis Ogong																
Krayan Selatan																

b) Kabupaten Malinau

Perhitungan pertama yang dilakukan adalah mencari nilai faktor objektif (Of) dari Kabupaten Malinau dalam penentuan prioritas urutan pembangunan PLTS, dengan beberapa parameter yaitu jumlah penduduk yang belum teraliri listrik; infrastruktur sosial seperti sarana pendidikan, tempat ibadah dan sarana kesehatan; serta jumlah industri dan perdagangan yang mendukung. Jumlah penduduk yang belum teraliri listrik didapatkan dari data jumlah penduduk dikurangi dengan jumlah penduduk dikali dengan rasio elektrifikasi, seperti pada Persamaan 4.21 . Berikut ini merupakan contoh perhitungan jumlah penduduk yang belum teraliri listrik untuk Kecamatan Malinau Kota:

$$\text{Jumlah Penduduk Belum Teraliri Listrik} = (1 - 41.08 \%) \times 8,283$$

$$\text{Jumlah Penduduk Belum Teraliri Listrik} = 4,880$$

Kemudian dihitung pula infrastruktur sosial yang ada di Kabupaten Malinau, yaitu berupa fasilitas pendidikan (TK Negeri, TK Swasta, SD Negeri, SD Swasta, SLTP Negeri, SLTP Swasta, SLTA Negeri, SLTA Swasta, SMK Negeri, SMK Swasta, dan Pesantren), fasilitas kesehatan (Rumah Sakit, Puskesmas, Klinik, Posyandu, Bidan Praktek), serta jumlah fasilitas tempat ibadah. Kemudian jumlah infrastruktur sosial tersebut dikalikan dengan jumlah penduduk yang ada di masing-masing kecamatan, sehingga didapatkan data dengan satuan yang sama dengan jumlah penduduk yang belum teraliri listrik. Berikut ini contoh perhitungan infrastruktur sosial untuk Kecamatan Malinau Kota:

$$\text{Kebutuhan Infrastruktur Sosial} = \text{Jumlah Infr. Sosial} \times \text{Jumlah Penduduk}$$

$$\text{Kebutuhan Infrastruktur Sosial} = 64 \times 8,283$$

$$\text{Kebutuhan Infrastruktur Sosial} = 530,112$$

Sama halnya dengan perhitungan kebutuhan infrastruktur sosial, dilakukan pula perhitungan untuk jumlah industri dan perdagangan yang ada di masing-masing kecamatan di Kabupaten Malinau, yaitu dengan contoh perhitungan untuk Kecamatan Malinau Kota sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Industri \& Perdagangan} = \text{Jml Industri \& Perdagangan} \times \text{Jml Penduduk}$$

$$\text{Jumlah Industri \& Perdagangan} = 54 \times 8,283$$

$$\text{Jumlah Industri \& Perdagangan} = 447,282$$

Kemudian dilakukan perhitungan untuk Total variabel objektif (O_i) dan Faktor Objektif untuk masing-masing kecamatan dengan persamaan sebagai berikut (Anityasari, 2009):

$$\text{Total } O_i = \text{Jumlah Penduduk Belum Teraliri Listrik} + \text{Infrastruktur Sosial} \\ + \text{Industri \& Perdagangan}$$

$$Of = (O_i \times \sum \frac{1}{O_i})^{-1}$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan faktor objektif untuk Kecamatan Malinau Kota:

$$\text{Total } O_i = 4,880 + 530,112 + 447,282 = 982,274$$

$$Of = (982,274 \times 0.0000352)^{-1} = 0.028884$$

Setelah dilakukan perhitungan faktor objektif untuk semua kecamatan di Kabupaten Malinau, rekap perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4.74.

Tabel 4. 74 Perhitungan Faktor Objektif di Kabupaten Malinau.

Kecamatan	Faktor Objektif			Total Oi	1/Oi	OF
	Jumlah RT Belum Teraliri listrik	Infrastruktur Sosial	Jumlah Industri dan Perdagangan			
Malinau Kota	4,548.68	1,948,536	586,656	2,539,740.68	0.00000039	0.00218
Malinau Utara	3,353.90	1,008,120	130,080	1,141,553.90	0.00000088	0.00485
Malinau Barat	1,641.77	554,714	89,470	645,825.77	0.00000155	0.00858
Malinau Selatan	4,179.37	940,128	75,546	1,019,853.37	0.00000098	0.00543
Mentarang	1,385.66	375,440	40,432	417,257.66	0.00000240	0.01327
Mentarang Hulu	446.33	16,500	825	17,771.33	0.00005627	0.31168
Pujungan	1,129.09	69,576	7,136	77,841.09	0.00001285	0.07116
Kayan Hilir	1,191.20	31,269	7,445	39,905.20	0.00002506	0.13880
Kayan Hulu	849.38	82,801	16,026	99,676.38	0.00001003	0.05557
Kayan Selatan	754.80	28,305	5,661	34,720.80	0.00002880	0.15953
Sungai Boh	2,073.08	58,050	9,288	69,411.08	0.00001441	0.07980
Bahau Hulu	381.60	35,156	1,598	37,135.60	0.00002693	0.14915
TOTAL	21,934.87	5,148,595.00	970,163.00	6,140,692.87	0.00018054	1

Selanjutnya dilakukan pula untuk perhitungan Faktor Subjektif untuk tiap kecamatan di Kabupaten Malinau. Faktor subjektif tersebut terdiri dari beberapa variabel yaitu aspek berikut: geografis wilayah masing-masing kecamatan; pola konsumsi energi listrik masyarakat; serta ketersediaan potensi EBT di masing-masing wilayah. Diasumsikan, tingkat kepentingan dari masing-masing variabel faktor subjektif tersebut adalah sama, sehingga didapatkan Relative Important Index untuk masing-masing variabel seperti terlihat dalam Tabel 4.75, dengan perhitungan menggunakan Persamaan 4.22 yang telah diketahui seperti pada perhitungan di Kabupaten Nunukan.

$$\text{Ranking Relative Important Index} = \frac{1}{3} = 0.33$$

Tabel 4. 75 Perhitungan Relative Important Index Faktor Subjektif Kabupaten Malinau.

Faktor Subyektif	Perbandingan			Total	Relative Important Index (wj)
	Geografis Wilayah	Pola konsumsi masyarakat	Ketersediaan EBT		
Geografis Wilayah	-	0	1	1	0.333333333
Pola konsumsi masyarakat	1	-	0	1	0.333333333
Ketersediaan EBT	0	1	-	1	0.333333333

Selanjutnya dilakukan perhitungan Relative Important Index (Wj) untuk masing-masing aspek/variabel faktor subjektif pada tiap kecamatan di Kabupaten Malinau, seperti yang dapat terlihat pada Tabel 4.76, Tabel 4.77 dan Tabel 4.78.

Tabel 4. 76 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Geografis Wilayah di Kabupaten Malinau.

Geografis Wilayah														
Prioritas Pembangunan	Perbandingan												Total	Relative Important Index (wj)
	Malinau Kota	Malinau Utara	Malinau Barat	Malinau Selatan	Mentarang	Mentarang Hulu	Pujungan	Kayan Hilir	Kayan Hulu	Kayan Selatan	Sungai Boh	Bahau Hulu		
Malinau Kota	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0.167
Malinau Utara	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.152
Malinau Barat	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0.136
Malinau Selatan	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0.121
Mentarang	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	7	0.106
Mentarang Hulu	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	0.015
Pujungan	0	0	0	0	0	1	-	0	0	1	1	1	4	0.061
Kayan Hilir	0	0	0	0	0	1	1	-	0	1	1	1	5	0.076
Kayan Hulu	0	0	0	0	0	1	1	1	-	1	1	1	6	0.091
Kayan Selatan	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-	0	1	2	0.030
Sungai Boh	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	-	1	3	0.045
Bahau Hulu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
													66	1.000

Tabel 4. 77 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Pola Konsumsi Masyarakat di Kabupaten Malinau.

Pola Konsumsi Masyarakat														
Prioritas Pembangunan	Perbandingan												Total	Relative Important Index (wj)
	Malinau Kota	Malinau Utara	Malinau Barat	Malinau Selatan	Mentarang	Mentarang Hulu	Pujungan	Kayan Hilir	Kayan Hulu	Kayan Selatan	Sungai Boh	Bahau Hulu		
Malinau Kota	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0.1666667
Malinau Utara	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0.1515152
Malinau Barat	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0.1363636
Malinau Selatan	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0.1212121
Mentarang	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	7	0.1060606
Mentarang Hulu	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Pujungan	0	0	0	0	0	0	1	-	1	0	0	0	3	0.0454545
Kayan Hilir	0	0	0	0	0	0	1	0	-	0	0	0	1	0.0151515
Kayan Hulu	0	0	0	0	0	0	1	1	-	1	1	1	6	0.0909091
Kayan Selatan	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-	0	1	4	0.0606061
Sungai Boh	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	-	1	5	0.0757576
Bahau Hulu	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	-	2	0.030303
													66	1

Tabel 4. 78 Perhitungan Relative Important Index untuk Faktor Ketersediaan EBT di Kabupaten Malinau.

Ketersediaan EBT														
Prioritas Pembangunan	Perbandingan												Total	Relative Important Index (wj)
	Malinau Kota	Malinau Utara	Malinau Barat	Malinau Selatan	Mentarang	Mentarang Hulu	Pujungan	Kayan Hilir	Kayan Hulu	Kayan Selatan	Sungai Boh	Bahau Hulu		
Malinau Kota	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malinau Utara	1	-	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0.0454545
Malinau Barat	1	0	-	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0.030303
Malinau Selatan	1	1	1	-	1	1	0	0	1	1	1	1	9	0.1363636
Mentarang	1	1	1	0	-	1	0	0	1	0	0	1	6	0.0909091
Mentarang Hulu	1	1	1	0	0	-	0	0	1	0	0	0	4	0.0606061
Pujungan	1	1	1	1	1	1	-	0	1	1	1	1	10	0.1515152
Kayan Hilir	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	11	0.1666667
Kayan Hulu	1	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	1	0.0151515
Kayan Selatan	1	1	1	0	1	1	0	0	1	-	0	1	7	0.1060606
Sungai Boh	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	-	1	8	0.1212121
Bahau Hulu	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	-	5	0.0757576
													66	1

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan Pairwise Comparison sebagai rekap dari perhitungan Relative Important Index (Wj) dan Ranking (Rij) masing-masing faktor subjektif yang telah dilakukan sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 4.79. Sehingga selanjutnya dapat dilakukan pembobotan untuk faktor subjektif yang disajikan pada Tabel 4.80.

Pembobotan Faktor Subjektif dilakukan dengan Persamaan 4.23 seperti yang telah ditunjukkan dalam perhitungan pada Kabupaten Nunukan.

Tabel 4. 79 Pairwise Comparison Perhitungan Faktor Subjektif di Kabupaten Malinau.

Faktor Subyektif	Pairwise Comparison												Ranking (Rij)
	Malinau Kota	Malinau Utara	Malinau Barat	Malinau Selatan	Mentarang	Mentarang Hulu	Pujungan	Kayan Hilir	Kayan Hulu	Kayan Selatan	Sungai Boh	Bahau Hulu	
Geografis Wilayah	0.1667	0.1515	0.1364	0.1212	0.1061	0.0152	0.0606	0.0758	0.0909	0.0303	0.0455	0.0000	0.333
Pola konsumsi masyarakat	0.1667	0.1515	0.1364	0.1212	0.1061	0.0000	0.0455	0.0152	0.0909	0.0606	0.0758	0.0303	0.333
Ketersediaan EBT	0.0000	0.0455	0.0303	0.1364	0.0909	0.0606	0.1515	0.1667	0.0152	0.1061	0.1212	0.0758	0.333

Tabel 4. 80 Pembobotan Faktor Subjektif untuk Kabupaten Malinau.

Jenis Pembobotan	Sfi 1	Sfi 2	Sfi 3	Sfi 4	Sfi 5	Sfi 6	Sfi 7	Sfi 8	Sfi 9	Sfi 10	Sfi 11	Sfi 12
Geografis Wilayah	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.00
Pola konsumsi masyarakat	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.01
Ketersediaan EBT	0.00	0.02	0.01	0.05	0.03	0.02	0.05	0.06	0.01	0.04	0.04	0.03
Total	0.111	0.116	0.101	0.126	0.101	0.025	0.086	0.086	0.066	0.066	0.081	0.035

Setelah melakukan perhitungan bobot untuk masing-masing Faktor Objektif dan Faktor Subjektif sebagai dasar pemilihan prioritas urutan pembangunan PLTS, dilakukan perhitungan *Location Preference Measure*, dengan memberikan bobot untuk faktor objektif dan faktor subjektif. Dalam tugas akhir ini, ditentukan bahwa kepentingan faktor objektif dan faktor subjektif adalah sama, sehingga masing-masing faktor memiliki besar bobot 0.5. Sehingga nilai *Location Preference Measure* (LPMi) didapatkan berdasarkan Persamaan 4.24 seperti pada perhitungan di Kabupaten Nunukan. Rekap perhitungan LPMi untuk masing-masing kecamatan di Kabupaten Malinau dapat dilihat dalam Tabel 4.81.

Tabel 4. 81 Perhitungan (Location Preference Measure) LPMi Tiap Kecamatan di Kabupaten Malinau.

Prioritas Pembangunan	Ofi	Sfi	LPMi
Malinau Kota	0.00218	0.111	0.057
Malinau Utara	0.00485	0.116	0.061
Malinau Barat	0.00858	0.101010101	0.055
Malinau Selatan	0.00543	0.126262626	0.066
Mentarang	0.01327	0.101010101	0.057
Mentarang Hulu	0.31168	0.025252525	0.168
Pujungan	0.07116	0.085858586	0.079
Kayan Hilir	0.13880	0.085858586	0.112
Kayan Hulu	0.05557	0.065656566	0.061
Kayan Selatan	0.15953	0.065656566	0.113
Sungai Boh	0.07980	0.080808081	0.080
Bahau Hulu	0.14915	0.035353535	0.092

Setelah diketahui nilai LPMi di masing-masing kecamatan, nilai tersebut diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar untuk menentukan urutan prioritas pembangunan PLTS di Kabupaten Malinau, yang disajikan pada Tabel 4.82.

Tabel 4. 82 Urutan Pembangunan PLTS di Kabupaten Malinau.

Prioritas Pembangunan	LPMi	Urutan Pembangunan
Malinau Barat	0.054793295	1
Malinau Kota	0.056646005	2
Mentarang	0.057142338	3
Malinau Utara	0.060506851	4
Kayan Hulu	0.060612788	5
Malinau Selatan	0.065846859	6
Pujungan	0.078507658	7
Sungai Boh	0.080303417	8
Bahau Hulu	0.092253688	9
Kayan Hilir	0.112330245	10
Kayan Selatan	0.112591966	11
Mentarang Hulu	0.168464889	12

Dari Tabel 4.82, dapat terlihat bahwa Kecamatan Malinau Barat memiliki nilai LPMi terendah yaitu sebesar 0.0547, sehingga menjadi prioritas pertama lokasi pembangunan PLTS di Kabupaten Malinau, sedangkan Kecamatan dengan LPMi terbesar adalah Kecamatan Mentarang Hulu yaitu sebesar 0.1684, sehingga menjadi prioritas terakhir urutan pembangunan PLTS. Kemudian untuk perencanaan lokasi akan disajikan pada Tabel 4.83.

Tabel 4. 83 Perencanaan Lokasi Pembangunan PLTS Tahun 2015-2030 di Kabupaten Malinau.

Kabupaten /Kecamatan	Tahun															
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Nunukan																
Malinau Barat																
Malinau Kota																
Mentarang																
Malinau Utara																
Kayan Hulu																
Malinau Selatan																
Pujungan																
Sungai Boh																
Bahau Hulu																
Kayan Hilir																
Kayan Selatan																
Mentarang Hulu																

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada Bab V ini akan dijelaskan mengenai analisis dan interpretasi dari hasil perhitungan dan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya pada Bab IV. Terdapat beberapa analisis yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini, seperti analisis hasil proyeksi kebutuhan energi listrik, analisis hasil perhitungan identifikasi potensi energi mikrohidro dan energi surya, analisis perhitungan aspek ekonomis dan perencanaan lokasi dan tahun pembangunan, serta analisis *value chain* dan analisis integrasi sistem pembangunan pembangkit.

5.1 Analisis Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik

Proyeksi kebutuhan energi listrik yang telah dilakukan dengan menggunakan *software* LEAP pada Bab IV, memerlukan data laju pertumbuhan (*growth rate*), jumlah pelanggan listrik masing-masing sektor, serta intensitas penggunaan energi listrik yang didapatkan dengan melakukan perhitungan jumlah listrik terjual dibagi dengan jumlah pelanggan. Dengan laju pertumbuhan yang berbeda, maka tingkat pertumbuhan kebutuhan energi listrik di tiap kabupaten juga akan berbeda, yang akan dijelaskan lebih rinci pada sub bab 5.1.1 dan 5.1.2.

Selain melakukan proyeksi terhadap kebutuhan energi listrik di masing-masing kabupaten, dilakukan pula proyeksi terhadap jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga di masing-masing kabupaten. Hal ini bertujuan untuk melihat persentase pemenuhan kebutuhan listrik tiap tahunnya sejalan dengan perubahan jumlah rumah tangga yang ada di masing-masing kabupaten. Persentase perbandingan antara jumlah potensi EBT yang teridentifikasi dengan proyeksi jumlah rumah tangga dengan kebutuhan listrik per rumah tangganya, akan dianalisis lebih lanjut dalam sub bab 5.2. Untuk hasil proyeksi jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga di tiap kabupaten terdapat dalam bagian Lampiran.

Software LEAP menggunakan metode ekonometri dan pendekatan *end-use* didalamnya, dimana pada metode ekonometri, data yang digunakan sebagai inputnya adalah data-data yang mempertimbangkan faktor ekonomi, seperti

pendapatan daerah ataupun pendapatan perkapita, kemudian dihubungkan dengan kebutuhan energi. Sedangkan pada metode *end-use*, dipertimbangkan faktor-faktor terkait teknologi yang digunakan dalam proses aliran energi seperti intensitas energi listrik (Tuegeh, 2014). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, *software* LEAP ini mengacu kepada metode DKL 3.01. Namun, *software* LEAP juga memiliki beberapa kekurangan, seperti tidak mencantumkan tingkat keakuratan (akurasi) dalam hasil peramalan, serta tidak terdapat variabel-variabel untuk menentukan nilai error dari hasil peramalan. Dalam penginputannya, terdapat beberapa data yang diperlukan, yaitu data jumlah pelanggan dan jumlah intensitas pemakaian energi listrik di masing-masing kabupaten. Selain itu diperlukan pula data laju pertumbuhan intensitas energi listrik dan laju pertumbuhan jumlah pelanggan, yang didapatkan melalui perhitungan rata-rata laju pertumbuhan data historis. Laju pertumbuhan (*growth rate*) tersebut digunakan sebagai parameter utama dalam penentuan proyeksi atau peramalan jumlah intensitas energi rumah tangga dan jumlah pelanggan listrik di masing-masing daerah tiap tahunnya.

5.1.1 Analisis Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik di Kabupaten Nunukan

Dalam hasil proyeksi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Nunukan, dapat terlihat bahwa sektor yang memiliki jumlah kebutuhan energi listrik terbesar dari seluruh sektor adalah sektor rumah tangga. Kunci utama suatu perkembangan daerah adalah kesejahteraan desa dan rumah tangganya, karena dengan kondisi rumah tangga yang sejahtera, dapat dilakukan pembangunan daerah seperti dengan mengadakan kegiatan ekonomi untuk tiap rumah tangga, yang dapat meluas hingga tingkat industri. Dikarenakan pemenuhan awal kebutuhan tenaga listrik dimulai dari sektor rumah tangga, maka dalam kajian tekno-ekonomi pada tugas akhir ini, yang menjadi target konsumen adalah penduduk yang belum teraliri oleh listrik, sehingga dapat diwakilkan oleh sektor rumah tangga. Hal ini sejalan dengan prinsip *bottom-up* dalam UU No.32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah, bahwa dalam pola pembangunan daerah, kesejahteraan

masyarakat kemudian menjadi kunci keberhasilan peningkatan kualitas pemerintahan daerah.

Laju pertumbuhan energi listrik dipengaruhi pula oleh laju pertumbuhan PDRB sebagai parameter atau faktor ekonomi yang akan menentukan jumlah kebutuhan energi listrik masyarakat. Sehingga, dalam proyeksi menggunakan *software* LEAP, tidak hanya laju pertumbuhan pelanggan listrik dan laju pertumbuhan intensitas energi listrik saja yang menjadi pertimbangan untuk mencari proyeksi kebutuhan energi listrik masing-masing sektor pelanggan, namun juga laju pertumbuhan PDRB di masing-masing daerah.

Hasil proyeksi dalam Tabel 4.7 menunjukkan bahwa kebutuhan atau permintaan energi listrik di Kabupaten Nunukan meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2014, didapatkan jumlah kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga sebesar 31.310.000 Kwh, sedangkan untuk tahun terakhir dalam *project timeline* yaitu tahun 2030, jumlah kebutuhan energi sektor rumah tangga berdasarkan hasil proyeksi didapatkan sebesar 1.016.840.000 Kwh. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan hingga 3148% untuk kebutuhan listrik di Kabupaten Nunukan dalam jangka waktu 16 tahun ke depan. Peningkatan kebutuhan energi listrik yang cukup pesat ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan jumlah intensitas energi yang digunakan oleh masyarakat, serta pertumbuhan tingkat perekonomian daerah tersebut yang dapat dilihat dari parameter laju pertumbuhan PDRB.

Jumlah intensitas energi yang digunakan oleh masyarakat terus meningkat setiap tahunnya dikarenakan ke depannya, teknologi akan semakin mendominasi kemajuan yang terjadi pada daerah-daerah berkembang. Kemajuan teknologi tersebut tentu tidak akan lepas dari konsumsi energi listrik, sehingga semakin meningkatkan intensitas energi listrik dari suatu daerah. Untuk dapat memenuhi permintaan energi listrik sebesar data pada Tabel 4.7 maka diperlukan adanya peningkatan penyediaan energi listrik lebih lanjut yaitu menggunakan energi alternatif baru terbarukan (EBT) seperti yang telah diidentifikasi dalam tugas akhir ini.

5.1.2 Analisis Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik di Kabupaten Malinau

Sama halnya dengan analisis hasil proyeksi kebutuhan energi listrik yang telah dilakukan sebelumnya pada Kabupaten Nunukan, dalam hasil proyeksi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Malinau, dapat terlihat pada Gambar 4.3, bahwa sektor yang memiliki jumlah kebutuhan energi listrik terbesar dari seluruh sektor adalah sektor rumah tangga. Kunci utama suatu perkembangan daerah adalah kesejahteraan desa dan rumah tangganya, karena dengan kondisi rumah tangga yang sejahtera, dapat dilakukan pembangunan daerah seperti dengan mengadakan kegiatan ekonomi untuk tiap rumah tangga, yang dapat meluas hingga tingkat industri. Dikarenakan pemenuhan awal kebutuhan tenaga listrik dimulai dari sektor rumah tangga, maka yang menjadi target konsumen adalah penduduk yang belum teraliri oleh listrik, sehingga dapat diwakilkan oleh sektor rumah tangga.

Hasil proyeksi dalam Tabel 4.10 menunjukkan bahwa kebutuhan atau permintaan energi listrik di Kabupaten Malinau meningkat setiap tahun. Pada tahun 2014, jumlah kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga didapatkan sebesar 20.30.000 Kwh, sedangkan untuk tahun terakhir dalam *project timeline* yaitu tahun 2030, jumlah kebutuhan energi sektor rumah tangga berdasarkan hasil proyeksi didapatkan sebesar 572.300.000. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan hingga 2719% untuk kebutuhan listrik di Kabupaten Malinau dalam jangka waktu 16 tahun ke depan.

Dibandingkan dengan hasil pertumbuhan kebutuhan energi listrik di Kabupaten Nunukan, pertumbuhan kebutuhan energi listrik Kabupaten Malinau memiliki nominal yang lebih kecil. Hal ini dapat disebabkan oleh jumlah penduduk serta pertumbuhan Kabupaten Malinau yang lebih sedikit dibandingkan Kabupaten Nunukan, dengan *growth rate* sebesar 11% sedangkan Kabupaten Nunukan sebesar 13%. Padahal jika luas daerah yang dibandingkan, Kabupaten Malinau memiliki wilayah yang lebih luas, sehingga lebih berpotensi untuk dilakukan pembangunan. Namun, terkait jumlah penduduk yang tidak lebih banyak dibandingkan dengan jumlah penduduk Kabupaten Nunukan, serta mempertimbangkan optimalisasi lahan yang pemanfaatannya dapat digunakan

untuk pembangunan sektor lainnya, maka dari itu jumlah kebutuhan energi listrik di Kabupaten Malinau tidak dipengaruhi oleh luas wilayah daerah.

Sama halnya dengan Kabupaten Nunukan, peningkatan kebutuhan energi listrik yang cukup pesat di Kabupaten Malinau juga dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan jumlah intensitas energi yang digunakan oleh masyarakat serta pertumbuhan tingkat perekonomian daerah tersebut. Jumlah intensitas energi yang digunakan oleh masyarakat terus meningkat setiap tahunnya dikarenakan ke depannya, teknologi akan semakin mendominasi kemajuan yang terjadi pada daerah-daerah berkembang. Kemajuan teknologi tersebut tentu tidak akan lepas dari konsumsi energi listrik, sehingga semakin meningkatkan intensitas energi listrik dari suatu daerah. Untuk dapat memenuhi permintaan energi listrik sebesar data pada Tabel 4.10 maka diperlukan adanya peningkatan penyediaan energi listrik lebih lanjut yaitu menggunakan energi alternatif baru terbarukan (EBT) seperti yang telah diidentifikasi dalam tugas akhir ini.

5.2 Analisis Hasil Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Terbarukan

Perhitungan daya mampu untuk masing-masing jenis EBT yang teridentifikasi bertujuan untuk melihat seberapa besar daya (Kw) yang mampu disuplai dan dikonsumsi dalam bentuk energi (Kwh) oleh masyarakat. Berkurangnya daya listrik yang dapat tersuplai untuk konsumen ini disebabkan adanya sistem jaringan transmisi yang terpasang mulai dari gardu pembangkit (*powerhouse*) hingga kebermanfaatannya dirasakan oleh konsumen. Berdasarkan rata-rata data dari PT PLN, besarnya daya mampu yaitu 77% dari besarnya daya pasang (daya yang dibangkitkan oleh pembangkit berdasarkan potensi energi teridentifikasi). Pada sub bab 5.2.1 dan 5.2.2 akan dijelaskan lebih lanjut untuk masing-masing jenis EBT yaitu energi mikrohidro dan energi surya.

5.2.1 Analisis Hasil Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Mikrohidro

Dengan daya mampu sebesar 385 Kw di Kabupaten Nunukan dan sebesar 791.95 Kw di Kabupaten Malinau, potensi energi mikrohidro dalam

pemanfaatannya sebagai energi listrik dapat mengalirkan sebanyak 856 unit Rumah Tangga di Kabupaten Nunukan dan 1760 unit Rumah Tangga di Kabupaten Malinau. Berdasarkan Tabel 4.19 dan 4.20 yang menunjukkan mengenai persentase jumlah rumah tangga yang dapat teraliri listrik PLTMH di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau, potensi energi mikrohidro yang saat ini teridentifikasi belum dapat memenuhi permintaan jumlah energi listrik dari pelanggan rumah tangga. Sebagai contoh di Kabupaten Nunukan, hal ini terlihat dari jumlah rumah tangga yang dapat teraliri listrik pada tahun 2013 dengan potensi mikrohidro yang ada sebesar 856 rumah tangga, yaitu sebesar 2.26% dari keseluruhan jumlah rumah tangga yang ada di Kabupaten Nunukan. Potensi mikrohidro yang teridentifikasi saat ini pun bersifat tetap jumlahnya, terlihat dengan persentase jumlah rumah tangga yang dapat teraliri oleh potensi mikrohidro teridentifikasi, tiap tahunnya semakin menurun dengan persentase pada tahun 2030 hanya sebesar 0.79% dari keseluruhan jumlah rumah tangga di Kabupaten Nunukan berdasarkan hasil proyeksi menggunakan *software* LEAP.

Sama halnya dengan Kabupaten Nunukan, persentase jumlah rumah tangga yang dapat teraliri listrik PLTMH di Kabupaten Malinau juga belum dapat dipenuhi seluruhnya dan selalu berkurang setiap tahunnya. Terlihat dalam Tabel 4.20 bahwa pada Tahun 2013 persentase rumah tangga yang dapat teraliri listrik PLTMH adalah sebesar 13.10% dan pada tahun 2030 sebesar 12.08%. Hal ini mengindikasikan harus ada optimalisasi dan penggalan potensi energi mikrohidro maupun energi baru terbarukan (EBT) lainnya untuk selanjutnya guna memenuhi jumlah kebutuhan energi listrik yang terus bertambah tiap tahunnya seiring dengan pertambahan jumlah penduduk di suatu daerah.

Dari potensi energi mikrohidro yang telah teridentifikasi, jumlahnya relatif jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah kebutuhan energi listrik masyarakat di masing-masing Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau. Kebutuhan daya listrik di Kabupaten Nunukan pada tahun 2015, yaitu tahun awal dalam *project timeline* yang memiliki jumlah kebutuhan daya listrik terendah, yaitu sebesar 4443.06 Kw, sedangkan potensi yang ada hanya sebesar 385 Kw, atau hanya sebesar 8.6% dari keseluruhan kebutuhan listrik masyarakat. Untuk Kabupaten Malinau, dengan potensi sebesar 791.95 Kw, sedangkan kebutuhan

daya listrik masyarakat Kabupaten Malinau yaitu sebesar 2853.7 Kw untuk tahun 2015, menunjukkan bahwa potensi energi mikrohidro yang ada hanya akan memenuhi sebanyak 27.7% dari keseluruhan daya listrik yang dibutuhkan oleh masyarakat Kabupaten Malinau. Persentase ini akan semakin menurun tiap tahunnya, hal ini menunjukkan bahwa potensi energi mikrohidro belum dapat mencukupi seluruh kebutuhan energi listrik masyarakat di masing-masing kabupaten. Untuk itu, diperlukan adanya pemanfaatan energi lainnya khususnya EBT, agar kebutuhan masyarakat dapat tercukupi sehingga meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan tingkat perekonomian daerah masing-masing.

5.2.2 Analisis Hasil Perhitungan Identifikasi Potensi Energi Surya

Setelah melakukan identifikasi potensi energi surya untuk masing-masing Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau, dapat disimpulkan bahwa potensi energi surya dalam pemanfaatannya dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik masyarakat sangat berlimpah jumlahnya. Hal ini dapat ditunjukkan dengan jumlah kebutuhan listrik masyarakat jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah potensi yang ada. Dalam Tabel 4.26, ditunjukkan bahwa pada tahun 2015, sebanyak 1386% dari jumlah rumah tangga yang ada di Kabupaten Nunukan, dapat teraliri listrik dari potensi yang teridentifikasi, atau dengan kata lain, sebanyak lebih dari tiga belas kali lipat jumlah rumah tangga yang ada di Kabupaten Nunukan dapat teraliri listrik oleh PLTS. Namun, tetap harus dipertimbangkan bahwa potensi yang ada bersifat tetap jumlahnya dan tidak mengalami pertambahan, seperti yang terlihat pada Tahun 2030, persentase jumlah rumah tangga yang dapat dialiri menurun sebesar 549% dari jumlah rumah tangga yang ada di Kabupaten Nunukan, dan akan terus menurun persentasenya tiap tahunnya. Untuk perencanaan yang dilakukan dalam tugas akhir ini, yaitu Tahun 2015-2030, maka potensi energi surya yang ada masih sangat melebihi dari kebutuhan energi listrik masyarakat. Hal ini dapat terlihat pada Tabel 4.31, bahwa persentase jumlah rumah tangga yang dapat teraliri listrik di Tahun 2015 adalah sebesar 12,223% dari seluruh jumlah rumah tangga yang ada, dan pada Tahun 2030 pun masih memenuhi sebesar 11,376% jumlah rumah tangga. Namun, sama halnya dengan Kabupaten Nunukan, persentase jumlah rumah tangga yang dapat

teraliri listrik di Kabupaten Malinau juga terus menurun tiap tahunnya. Dari hal-hal yang telah dijelaskan tersebut, dapat disimpulkan bahwa tetap perlu dilakukan perencanaan-perencanaan upaya pemenuhan kebutuhan listrik yang berkelanjutan dengan pemanfaatan jenis EBT lainnya.

Bukti bahwa jumlah potensi energi surya yang tersedia jauh lebih besar dibandingkan dengan jumlah kebutuhan energi listrik masyarakat di masing-masing kabupaten adalah contoh pada perhitungan di salah satu kabupaten yaitu Kabupaten Nunukan seperti penjelasan berikut. Di Kabupaten Nunukan, dengan potensi energi surya teridentifikasi menggunakan *software* HOMER yaitu sebesar 18,323,854.96 Kw, kebutuhan energi listrik pada tahun tersebut adalah sebesar 4,443,056.49 watt atau sebesar 4,443 Kw, dengan kata lain hanya 0.025% dari keseluruhan potensi yang ada. Maka dari itu, daya yang akan dibangkitkan di Kabupaten Nunukan pada tahun 2015 adalah sebesar 4,443,056.49 watt, mengikuti jumlah kebutuhan energi listrik. Dengan jumlah pembangkit yang akan dibangun adalah sebanyak 10 buah (sesuai dengan jumlah kabupaten yang memiliki rasio elektrifikasi dibawah rata-rata) selama 5 tahun pertama, dan 15 buah PLTS untuk tahun selanjutnya (tahun 2020) hingga tahun 2030, maka satu lokasi pembangkit akan memiliki Kwp daya bangkit listrik yang berbeda-beda pula.

Selain menyesuaikan jumlah kebutuhan energi listrik yang semakin tahun semakin meningkat, jumlah PLTS yang akan dibangun per tahunnya juga disesuaikan dengan jumlah kecamatan yang ada di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau, yaitu masing-masing sejumlah 15 kecamatan. Kemudian terdapat pula konstrain atau batasan lain yang tertulis dalam Peraturan Menteri ESDM No.17 Tahun 2013 tentang pembelian tenaga listrik oleh PT PLN dari satu PLTS photovoltaic terpusat/komunal, selain itu Peraturan Menteri tersebut juga mengatur mengenai sebaran lokasi dan kouta kapasitas PLTS Photovoltaic, yaitu 1Mw dalam satu tahunnya. oleh karena itu, perencanaan pembangunan PLTS yang dilakukan, memberikan rekomendasi untuk daya yang dibangkitkan tidak melebihi 1 Mw.

5.3 Analisis Perhitungan Aspek Ekonomis Pembangkit Listrik

Pada sub bab berikut ini akan dilakukan analisis terhadap perhitungan aspek-aspek ekonomis yang telah dilakukan sebelumnya pada sub bab 4.5, untuk masing-masing jenis pembangkit PLTMH dan PLTS.

5.3.1 Analisis Perhitungan Aspek Ekonomis PLTMH

Terdapat beberapa hasil perhitungan aspek ekonomis yang akan dianalisa dalam perencanaan pembangunan PLTMH, yaitu analisis mengenai biaya pembangunan PLTMH, analisis harga jual listrik produksi PLTMH serta analisis perhitungan nilai NPV sebagai parameter uji kelayakan finansial dari pembangunan PLTMH.

5.3.1.1 Analisis Perhitungan Biaya Pembangunan PLTMH

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dalam sub bab 4.5.1.1, diketahui bahwa biaya untuk membangun PLTMH dengan skala 1 Kw per tahunnya adalah sebesar Rp 1,593,400.00 untuk biaya komponen-komponen pembangunan dan sebesar Rp 208,242.88 biaya Operasional & Maintenance. Dikarenakan biaya pembangunan tersebut dapat dihitung untuk skala per Kw dan per tahunnya, maka dapat dipastikan semakin besar daya yang akan dibangkitkan oleh suatu pembangkit dan semakin lama umur pembangkit yang akan dibangun tersebut akan dilakukan perawatan, maka semakin besar pula biaya yang akan dikeluarkan dalam proses produksi atau pembangunannya.

PLTMH memiliki umur hidup yaitu selama 25 tahun, sehingga biaya siklus hidup perlu dihitung dengan mempertimbangkan biaya investasi awal (biaya komponen-komponen pembangunan) dan perhitungan aspek biaya operasional maintenance yang dikeluarkan tiap tahunnya. Dengan umur pembangkit 25 tahun dan *discount factor* sebesar 10.5%, maka didapatkan biaya Mpw sebesar Rp1,819,838.48 selama umur pembangkit. Oleh karena itu biaya siklus hidup atau LCC didapatkan sebesar Rp 3,413,238.48. Biaya siklus hidup ini untuk selanjutnya akan menjadi parameter dari perhitungan harga jual listrik yang diproduksi oleh PLTMH per Kwh nya.

Jika dibandingkan dengan biaya pembangunan pembangkit listrik energi fosil, seperti energi diesel misalnya, yaitu energi fosil utama yang dipakai dalam pembangunan pembangkit di Provinsi Kalimantan Utara, maka biaya pembangunan PLTMH lebih rendah dikarenakan biaya komponen-komponen PLTMH tidak lebih mahal dibandingkan dengan biaya komponen-komponen pembangunan pembangkit listrik energi fosil. Namun, terdapat sebuah *thread-off* dalam hal ini yaitu, proses operasional dan maintenance dari PLTMH akan jauh lebih rumit, dikarenakan target luaran dari produksi listrik PLTMH adalah masyarakat desa yang letaknya cukup terpencil dari sumber daya manusia yang memiliki kemampuan di bidang tersebut. Hal ini mengharuskan adanya pemanfaatan SDM dalam desa tersebut untuk mengelola sendiri PLTMH di daerahnya, sehingga kemungkinan keberhasilan perawatan PLTMH dengan baik akan sangat kecil dan pembangkit akan memiliki resiko cepat rusak yang besar. Hal ini mengindikasikan perlu adanya campur tangan dari pemerintah untuk menyediakan atau mempersiapkan tenaga kerja (SDM) untuk ahli operasional dan maintenance dari PLTMH.

5.3.1.2 Analisis Perhitungan Harga Jual Listrik PLTMH

Berdasarkan Tabel 4.34, beberapa parameter atau variabel yang digunakan untuk melakukan perhitungan harga jual listrik produksi PLTMH per Kwh nya adalah sebagai berikut:

- *Life Cycle Cost* (LCC), yang didapatkan dari perhitungan biaya pembangunan dan biaya Operasional & *Maintenance*;
- Biaya Energi PLTMH, yang didapatkan dari perhitungan kredit suku bunga bank (10.5%) dan umur pembangkit yaitu 25 tahun; serta
- Kwh Produksi Tahunan, yaitu energi listrik yang akan diproduksi secara tahunan selama umur pembangkit (25 tahun).

Sebelum melakukan perhitungan harga jual listrik per Kwh, dilakukan perhitungan biaya energi (COE), yaitu ongkos yang harus dibayarkan untuk tiap Kwh-nya berdasarkan harga pokok produksi/pembangunan pembangkit. Dari LCC yang telah dihitung sebelumnya, maka dengan profit margin yang ditentukan

yaitu sebesar 10%, didapatkan harga jual listrik PLTMH yaitu sebesar Rp 1250.00.

Jika dibandingkan dengan harga jual listrik sebesar Rp 1350 per Kwh yang diatur dalam Peraturan Menteri ESDM RI No.4 Tahun 2012, maka harga jual listrik berdasarkan harga pokok produksi (HPP) pembangunan PLTMH ditambah dengan profit margin sebesar 10% lebih rendah atau lebih murah. Hal ini dapat disebabkan karena biaya pembangunan PLTMH yang cukup rendah dibandingkan dengan biaya pembangunan pembangkit listrik EBT lainnya atau bahkan energi fosil lainnya. Namun, terdapat beberapa batasan atau *thread off*, seperti penyediaan tenaga kerja (SDM) yang melakukan proses operasional dan *maintenance*, jika listrik dijual secara mandiri, maka otomatis penanganan dalam fase pembangunan dan operasional akan lebih rumit jika dibandingkan dengan proses yang ada saat beberapa proses dikelola secara langsung oleh PT PLN, yang bertanggung jawab sebagai industri atau jasa penyedia listrik di negara, yang akan dijelaskan lebih detail dalam sub bab 5.3.1.3 mengenai analisis uji kelayakan finansial dari pembangunan PLTMH.

5.3.1.3 Analisis Perhitungan NPV Uji Kelayakan Finansial PLTMH

Setelah perencanaan pembangunan PLTMH yang telah dilakukan perhitungan biaya pembangunan serta harga jualnya, maka selanjutnya dapat dilakukan uji kelayakan pembangunan pembangkit secara aspek finansial, dengan menggunakan parameter NPV. Dari keseluruhan pembangkit yang telah dibuat perencanaannya, baik itu dengan harga penjualan menyesuaikan HPP ataupun menyesuaikan harga beli PT PLN, semua NPV bernilai positif, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua pembangkit (dalam hal ini PLTMH) tersebut, layak untuk dibangun. Namun, perlu ditegaskan pula apabila nilai NPV bernilai negatif, pembangkit-pembangkit tersebut tetap harus dibangun dikarenakan kebutuhan masyarakat akan energi listrik tetap merupakan tanggung jawab pemerintah dalam pemenuhannya.

Seperti yang tercantum dalam UU No.19 Tahun 2003 tentang Badan Usaha Milik Negara, bahwa pelaksanaan tugas kewajiban pelayanan umum yang

dilaksanakan oleh beberapa BUMN khususnya PT PLN (Persero) yaitu dengan istilah *Public Service Obligation* (PSO). Pelaksanaan PSO oleh PT PLN (Persero) diartikan bahwa terdapat biaya yang harus dikeluarkan oleh negara akibat disparitas/perbedaan harga pokok penjualan BUMN/swasta dengan harga atas produk tertentu yang ditetapkan oleh pemerintah agar pelayanan produk tetap terjamin dan terjangkau oleh sebagian besar masyarakat (publik).

5.3.2 Analisis Perhitungan Aspek Ekonomis PLTS

Terdapat beberapa hasil perhitungan aspek ekonomis yang akan dianalisis dalam perencanaan pembangunan PLTS, yaitu analisis mengenai biaya pembangunan PLTS, analisis harga jual listrik produksi PLTS serta analisis perhitungan nilai NPV sebagai parameter uji kelayakan finansial dari pembangunan PLTS.

5.3.2.1 Analisis Perhitungan Biaya Pembangunan PLTS

Dari hasil perhitungan total biaya pembangunan PLTS, didapatkan perencanaan biaya yang dibutuhkan untuk membangun PLTS setiap tahunnya. Dikarenakan kebutuhan energi listrik tiap tahunnya berbeda-beda, maka perencanaan biaya pembangunan PLTS juga akan dilakukan per tahun, karena biaya yang dikeluarkan untuk tiap lokasi pembangunan dan tiap tahunnya tentu akan berbeda, menyesuaikan dengan daya yang dibangkitkan per PLTS di masing-masing daerah dan tahun pembangunan, jumlah PLTS yang dibangun, dan tingkat inflasi dari tahun 2015 hingga tahun 2030 yang mengalami perubahan.

Selain itu, Dari Tabel 4.57 dan Tabel 4.58, terlihat bahwa anggaran dana investasi untuk pembangunan PLTS di masing-masing kabupaten masih tersisa dengan jumlah sebanyak Rp58,165,750,705.45 untuk Kabupaten Nunukan dan sebanyak Rp32,450,474,623.57 untuk Kabupaten Malinau. Hal ini mengindikasikan bahwa dapat terjadi adanya efisiensi biaya atau dana yang dianggarkan di awal perencanaan pembangunan.

Jika dibandingkan dengan biaya pembangunan pembangkit listrik energi fosil, seperti energi diesel misalnya, yaitu energi fosil utama yang dipakai dalam pembangunan pembangkit di Provinsi Kalimantan Utara, maka pembangunan

PLTS cukup memakan biaya yang relatif jauh lebih besar dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga diesel per Kw per tahunnya. Hal ini dikarenakan biaya komponen-komponen PLTS seperti modul surya, harganya sangat mahal. Walaupun dalam data historis harga modul surya semakin tahun semakin menurun, namun untuk harga pokok produksi dari PLTS masih cenderung sangat mahal untuk dijual langsung kepada konsumen, sehingga membutuhkan adanya anggaran dana atau subsidi dari pemerintah. Selain itu, proses operasional dan maintenance dari PLTS juga beresiko besar. Sama halnya dengan PLTMH, dikarenakan target luaran dari produksi listrik PLTS adalah masyarakat desa yang letaknya cukup terpencil dari sumber daya manusia yang memiliki kemampuan di bidang tersebut, maka diperlukan adanya pemanfaatan SDM dalam desa tersebut untuk mengelola sendiri PLTS di daerahnya, sehingga kemungkinan keberhasilan perawatan PLTS dengan baik akan sangat kecil dan pembangkit akan memiliki resiko cepat rusak yang besar.

Selain itu seperti kasus-kasus yang telah terjadi sebelumnya di Provinsi Kalimantan Utara, jika sebuah PLTS dikelola sendiri oleh suatu desa atau kepemilikannya adalah desa-desa dengan masyarakat yang membutuhkan tersebut, sering terjadi adanya pencurian modul atau panel surya untuk dijual ke negara tetangga Malaysia. Hal ini mengindikasikan bahwa pemerintah harus ikut turun tangan mengenai pengelolaan PLTS di suatu daerah agar memiliki hasil yang optimal dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat daerah tersebut secara tepat guna.

5.3.2.2 Analisis Perhitungan Harga Jual Listrik PLTS

Dari kedua perhitungan yang telah dilakukan yaitu harga jual sebagai hasil dari perhitungan harga pokok produksi ditambah profit margin 10%, serta harga jual listrik sebagai harga beli PT PLN yang diatur oleh Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2012, dapat disimpulkan bahwa harga jual sebagai bentuk usaha *non-profit* yang akan bekerjasama dengan PT PLN (dalam hal ini proyek pemerintah) yaitu Rp 1350 (harga ditetapkan oleh negara) bernilai lebih rendah dibandingkan dengan harga jual sebagai usaha mandiri *profit-based* yaitu sebesar kurang lebih Rp 4800 per

Kwh nya. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa batasan atau *thread off*, seperti penyediaan tenaga kerja (SDM) yang melakukan proses operasional dan *maintenance*, tidak akan dihadapi jika beberapa proses selama fase pembangunan dan operasional dikelola secara langsung oleh PT PLN, yang bertanggung jawab sebagai industri atau jasa penyedia listrik di negara. Selain itu dengan harga pokok penjualan yang mahal, hal tersebut dapat diatasi dengan permintaan subsidi listrik dari pemerintah untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat, yang akan dijelaskan lebih detail dalam sub bab 5.3.2.3 mengenai analisis uji kelayakan finansial dari pembangunan PLTS.

5.3.2.3 Analisis Perhitungan NPV Uji Kelayakan Finansial PLTS

Setelah perencanaan pembangunan PLTS yang telah dilakukan perhitungan biaya pembangunan serta harga jualnya, maka selanjutnya dapat dilakukan uji kelayakan pembangunan pembangkit secara aspek finansial, dengan menggunakan parameter NPV. Dari keseluruhan pembangkit yang telah dibuat perencanaannya, semua NPV bernilai positif, atau dapat disimpulkan bahwa semua pembangkit (dalam hal ini PLTS) tersebut, layak untuk dibangun. Namun, perlu ditegaskan pula apabila nilai NPV bernilai negatif, pembangkit-pembangkit tersebut tetap harus dibangun dikarenakan kebutuhan masyarakat akan energi listrik tetap merupakan tanggung jawab pemerintah dalam pemenuhannya. Sesuai dengan UU No.19 Tahun 2003 tentang Badan Usaha Milik Negara, bahwa pelaksanaan tugas kewajiban pelayanan umum yang dilaksanakan oleh beberapa BUMN khususnya PT PLN (Persero) yaitu dengan istilah *Public Service Obligation* (PSO). Pelaksanaan PSO oleh PT PLN (Persero) diartikan bahwa terdapat biaya yang harus dikeluarkan oleh negara akibat disparitas/perbedaan harga pokok penjualan BUMN/swasta dengan harga atas produk tertentu yang ditetapkan oleh pemerintah agar pelayanan produk tetap terjamin dan terjangkau oleh sebagian besar masyarakat (publik).

5.4 Analisis Value Chain

Supply chain adalah jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan

pemakaian akhir (Pujawan, 2005). *Supply chain* terdiri tiga macam aliran, yaitu aliran material, aliran finansial, dan aliran informasi. Berbeda dengan *supply chain*, *value chain* adalah seluruh aktivitas yang dijalankan untuk menghasilkan nilai-nilai dari sebuah produk, baik itu manfaat atau dampak. Porter (1985) memperlihatkan bahwa *value chain* terdiri dari dua aktivitas, yaitu aktivitas utama dan aktivitas pendukung. Pada Gambar 5.2 ditunjukkan bagan *value chain* dari industri energi terbarukan yang dibahas dalam penelitian ini. Aktivitas yang terlihat pada gambar tersebut adalah aktivitas yang terjadi di hulu dan bergerak ke hilir hingga didapatkan hasil pemanfaatan akhir. Pada aktivitas hulu dilakukan identifikasi terhadap potensi sumber daya energi terbarukan yang tersedia dari alam, diantaranya dengan melakukan eksplorasi terhadap potensi energi terbarukan. Bergerak menuju ke bagian hilir, aktivitas yang dilakukan adalah proses pengolahan energi terbarukan menjadi energi listrik. Metode dan perencanaan terhadap pembangkitan listrik, transmisi listrik, distribusi listrik, dan penjualan juga merupakan aktivitas yang terjadi di bagian hilir. Selanjutnya hasil dari pengolahan energi listrik tersebut dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan masyarakat, diantaranya kebutuhan sehari-hari rumah tangga, penerangan jalan pedesaan maupun kebutuhan energi listrik bagi UKM (Usaha Kecil Menengah).

Pada seluruh aktivitas yang dilakukan dalam proses yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 dibutuhkan *stakeholder* yang mampu berperan dalam menjalankan aktivitas tersebut, seperti lembaga Pemerintah baik Pemerintah Pusat maupun Pemerintah Daerah, Dinas Energi dan Pertambangan ataupun lembaga dinas yang terkait lainnya. PT. PLN selaku perusahaan yang selama ini mendistribusikan energi listrik ke masyarakat, serta kerjasama dengan peneliti Perguruan Tinggi untuk lebih mengeksplorasi potensi energi terbarukan. Menurut Partiwi, S.G (2009), model *stakeholder* klaster industri energi terbarukan terdiri dari tiga komponen utama yaitu pelaku inti, pelaku pendukung dan institusi pendukung. Sebagai provinsi yang baru terbentuk dan baru dalam pemanfaatan energi terbarukan, Kabupaten Nunukan dan Malinau perlu membentuk *stakeholder* yang memiliki kerjasama dan koordinasi yang baik untuk sistem penyaluran energi listrik yang efektif. Salah satu cara untuk mengidentifikasi *stakeholder* yang dibutuhkan adalah dengan melakukan klaster industri yaitu

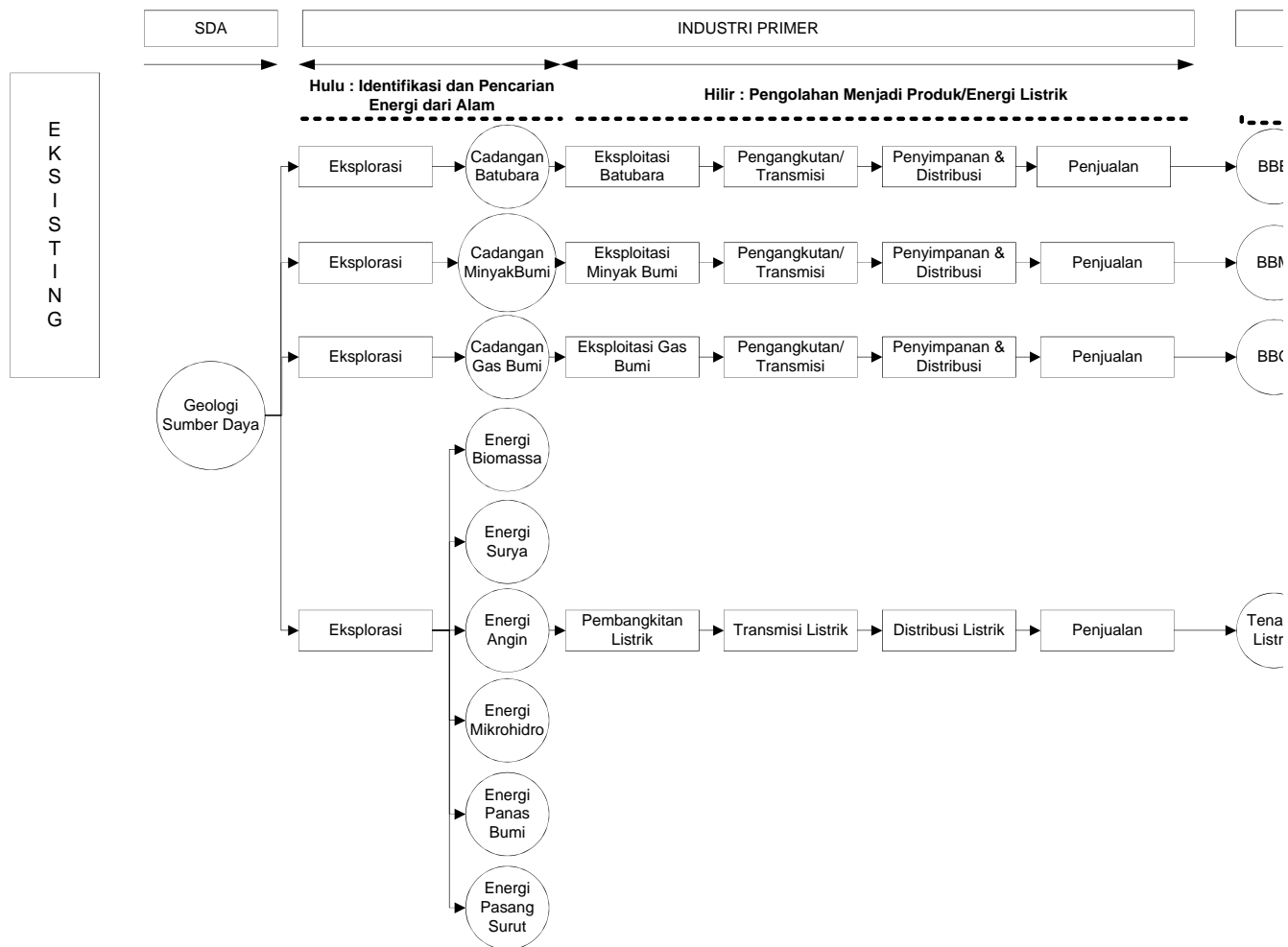
sebuah model konseptual dalam model industri yang terdiri dari beberapa entitas atau *stakeholder*.

Pada Gambar 5.1 ditunjukkan model stakeholder atau pelaku-pelaku industri yang terlibat dalam seluruh aktivitas industri mengenai energi terbarukan ini.

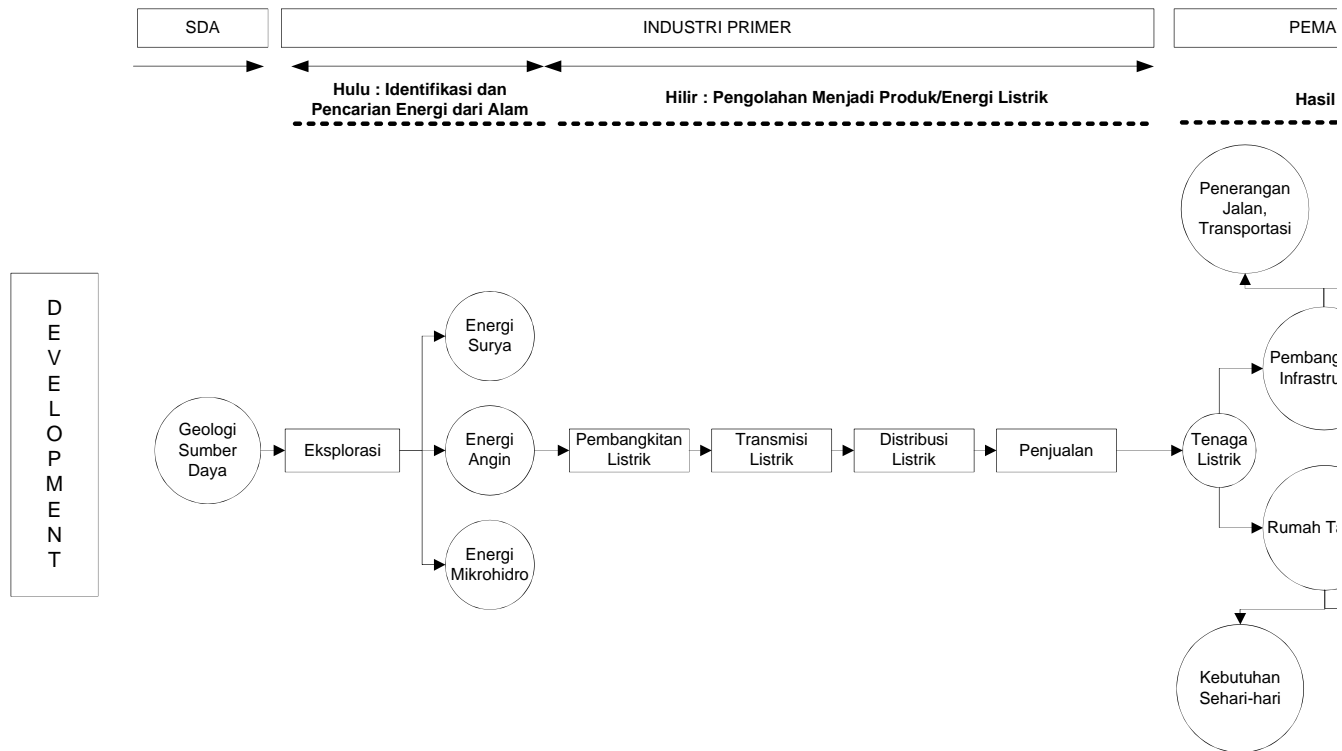


Gambar 5. 1 Pelaku Industri Energi Terbarukan.

Berdasarkan model *stakeholder* pada Gambar 5.1, dapat disimpulkan bahwa masing-masing *stakeholder* harus saling bekerjasama demi mewujudkan pemanfaatan energi terbarukan yang maksimal. Salah satunya adalah pemerintah atau negara harus bekerja sama dengan PT. PLN untuk menyalurkan energi listrik ke masyarakat dan menyetujui kesepakatan besarnya harga jual yang diberikan ke masyarakat jika menggunakan energi listrik tenaga surya ini. Peran akademisi atau lembaga penelitian bertujuan untuk terus mengeksplorasi atau mengidentifikasi potensi energi terbarukan yang dapat dikembangkan. Terakhir, industri pendukung akan sangat berperan dalam fase pembangunan pembangkit maupun operasional dalam pembangkitan energi listrik.



Gambar 5. 2 Value Chain Industri Energi Eksisting.



Gambar 5. 3 Value Chain Penyediaan Industri Energi Terbarukan di Daerah Pembangunan.

Selain itu, *value chain* yang menjelaskan mengenai aktivitas sebuah industri dari hulu hingga ke hilir, dapat digunakan untuk menganalisis dampak-dampak yang terjadi dari adanya suatu aktivitas industri. Dalam *value chain* dari industri energi terbarukan yang telah dibahas sebelumnya dalam Gambar 5.2, maka akan dianalisis dampak sosial, lingkungan dan ekonomi yang dapat terjadi karena adanya industri energi terbarukan di suatu daerah, seperti yang dipaparkan dalam Gambar 5.3.

Dampak sosial yang dapat dirasakan dengan adanya pemanfaatan EBT sebagai energi alternatif untuk pemenuhan kebutuhan listrik di suatu daerah yang masih membutuhkan listrik adalah adanya pengurangan kesenjangan sosial dengan daerah-daerah lain yang telah berkembang di Indonesia. Misalnya, dengan adanya listrik, dapat dibangun suatu fasilitas pendidikan baik itu pendidikan formal maupun informal, sehingga masyarakat di daerah tersebut dapat memiliki kemampuan yang lebih dan dapat meningkatkan kualitas SDM. Selain itu ketersediaan listrik juga dapat mengubah perilaku sosial masyarakat, misalnya dengan adanya listrik, menciptakan adanya hiburan yang dapat dilakukan di tempat tinggal masing-masing, seperti menonton televisi, bermain game dan sebagainya, yang dapat mengubah perilaku sosial masyarakat yang sebelumnya lebih senang untuk bersosialisasi dalam mengisi waktu luang, menjadi masyarakat yang lebih apatis secara sosial. Terdapat pula dampak negatif lain yang dirasakan yaitu antara lain seperti contoh kasus pencurian panel surya PLTS di beberapa daerah yang telah dikunjungi Hal ini menunjukkan bahwa sebagian masyarakat belum memahami sepenuhnya kegunaan dan manfaat dari penyediaan listrik di suatu daerah, sehingga terdapat kemungkinan adanya penolakan oleh warga setempat jika akan dibangun adanya PLTS karena dianggap mengambil lahan warga yang sebagian besar ditanami oleh berbagai jenis tumbuhan komoditi masyarakat setempat (seperti kelapa sawit).

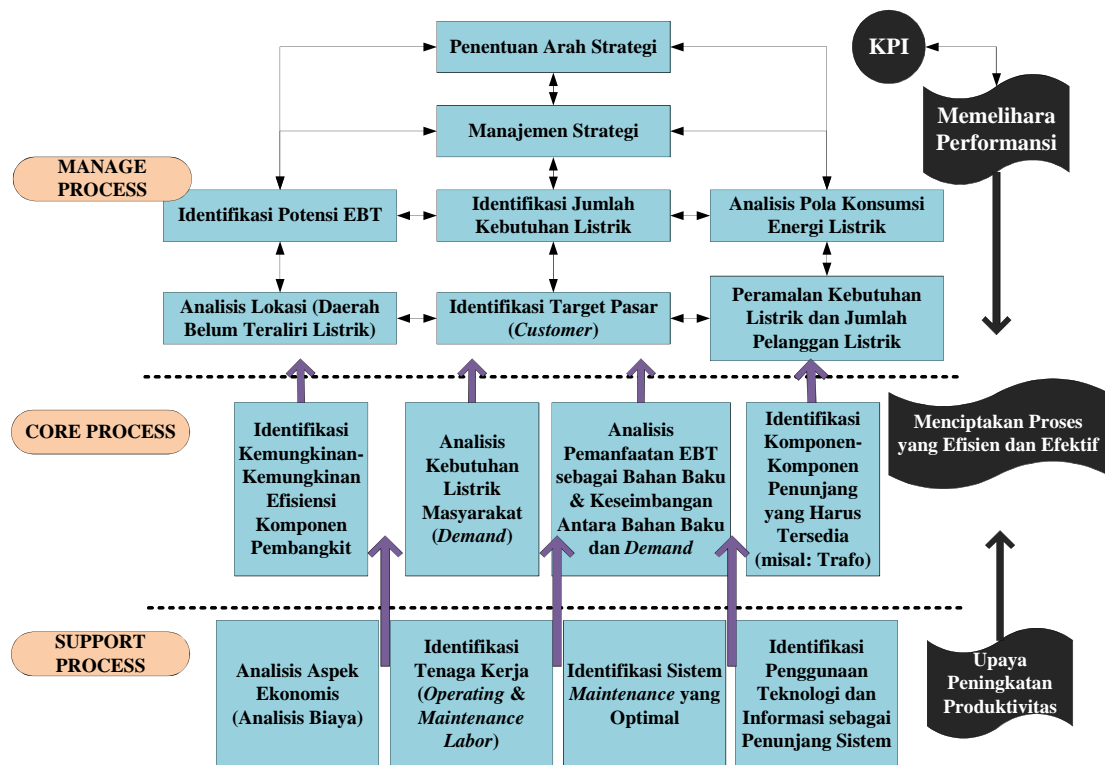
Sedangkan untuk dampak lingkungan, adanya pembangunan suatu daerah tentu dapat merusak lingkungan jika tidak dilakukan sesuai dengan AMDAL. Namun terdapat pula kemungkinan dampak positif terhadap lingkungan dengan adanya penyediaan listrik EBT di daerah-daerah khususnya Provinsi Kalimantan Utara dengan produksi kelapa sawit yang melimpah. Tanaman kelapa sawit dapat

merusak tanah karena menyerap sangat banyak air (Said, 2014). Oleh karena itu dengan adanya penyediaan energi listrik, dapat dibangun adanya lapangan usaha baru seperti UKM yang memproduksi kebutuhan penduduk, ataupun usaha-usaha di bidang hiburan dan jasa-jasa lainnya yang dapat mengalihkan adanya pendapatan masyarakat yang selama ini dipenuhi dari berbudidaya kelapa sawit. Manfaat yang akan dirasakan oleh lingkungan tentunya tanaman kelapa sawit yang dapat merusak kondisi tanah menjadi berkurang, dikarenakan lahannya dimanfaatkan untuk pembangunan infrastruktur pembangkit listrik maupun lapangan usaha baru yang dapat diciptakan dengan adanya energi listrik.

Sejalan dengan pembahasan lapangan usaha pada paragraf diatas, hal tersebut berdampak pula pada sektor ekonomi suatu daerah. Dengan adanya listrik, masyarakat setempat dapat menciptakan adanya lapangan-lapangan usaha baru, seperti taman bermain, dan jasa-jasa lainnya yang membutuhkan energi listrik dalam pengoperasiannya. Hal ini dapat menciptakan kesempatan kerja bagi penduduk yang tidak memiliki pekerjaan, sehingga kebutuhan hidupnya dapat lebih tercukupi dengan adanya penghasilan dari pekerjaan yang diciptakan karena adanya energi listrik.

5.5 Analisis Integrasi Sistem Pembangunan Pembangkit Listrik

Berdasarkan proses bisnis *Computer Integrated Manufacturing of Open System Architecture* (CIMOSA), yang merupakan acuan sistem integrasi pembangunan pembangkit listrik yang digunakan, maka dibentuk sebuah sistem perencanaan produksi/pembangunan yang terintegrasi guna menciptakan produksi perencanaan pembangunan yang handal dan berkelanjutan (*sustain*). Berikut ini merupakan bagan aliran atau diagram sistem integrasi produksi pada analisis kajian tekno-ekonomi dalam perekomendasi pembangkit listrik guna memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Kabupaten Nunukan dan Malinau, dengan mengikuti model proses bisnis CIMOSA.



Gambar 5. 4 Integrasi Sistem Pembangunan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan.

Pada Gambar 5.4 dapat dijelaskan mengenai sistem integrasi produksi sebagai salah satu tujuan dari pelaksanaan penelitian/tugas akhir ini. Sesuai dengan konsep CIMOSA, maka suatu proses bisnis terdiri dari tiga buah proses utama yakni Proses Manajerial (*Manage Process*), Proses Operasional (*Core Process*) dan Proses Pendukung (*Support Process*). Berikut ini merupakan penjelasan secara lebih khusus mengenai sistem integrasi dari tugas akhir ini berdasarkan proses bisnis CIMOSA:

1. *Manage Process*

Manage process adalah serangkaian aktivitas perencanaan dan pengawasan sistem kerja yang dikerjakan oleh pemilik perusahaan, dimulai dari penetapan visi dan misi perusahaan hingga penyusunan strategi dan melakukan kegiatan evaluasi serta perbaikan. Dalam tugas akhir ini, *manage process* dilakukan di dalam fase perencanaan produksi atau pembangunan pembangkit listrik, yang bertujuan untuk memelihara performansi dari

aktivitas-aktivitas yang dilakukan dalam fase operasional dan teknis, sehingga dibutuhkan beberapa parameter untuk menjaga performansi dalam tahap perencanaan tersebut, dengan indikator-indikator yang disebut dengan *Key Performance Indicator* (KPI). Di dalam *manage process* terdapat tiga sub bagian yaitu *set direction*, *set strategy*, dan *direct business*.

a. *Set Direction*

Set direction dalam perusahaan dijalankan oleh pemilik atau petinggi perusahaan. *Owners* dari perusahaan membuat visi dan misi bagi perusahaan tersebut. Visi dan misi perusahaan berisi cita-cita dan tujuan yang ingin dicapai oleh suatu badan usaha tersebut. Dalam penelitian ini, keseluruhan aspek dari *manage process* dilakukan secara bersamaan/berkesinambungan. Aspek ini dapat dilakukan melalui identifikasi kebutuhan energi listrik masyarakat dan identifikasi potensi EBT, serta analisis lokasi daerah tinjauan, dalam hal ini Provinsi Kalimantan Utara.

b. *Set Strategy*

Set strategy adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mewujudkan visi dan misi perusahaan. Penyusunan strategi dilakukan untuk menentukan tindakan-tindakan yang akan dilakukan dalam rangka mencapai target visi dan misi yang telah dibuat sebelumnya. Dalam penelitian ini, tahapan yang dilakukan dalam aspek *set strategy* dilakukan bersamaan dengan tahapan *set direction*, yaitu identifikasi aspek-aspek yang diperlukan dalam melakukan perencanaan dan pembangunan pembangkit listrik. Dilakukan pula penentuan arah strategi dengan acuan manajemen strategi dalam pelaksanaannya.

c. *Direct Business*

Direct business merupakan cara yang digunakan untuk memaksimalkan penggunaan *resource* (sumber daya) demi terwujudnya visi dan misi perusahaan. Dalam penelitian ini, aspek *direct business* yang dapat dilakukan adalah melakukan peramalan kebutuhan listrik dan jumlah pelanggan listrik di Provinsi Kalimantan

Utara. Keseluruhan dari aspek tersebut dilakukan dengan dukungan manajemen performansi.

2. Core Process

Core process merupakan proses inti dalam proses bisnis. Didalamnya terdapat pengeksekusian rencana-rencana kerja yang telah dibuat dalam *manage process*, dimulai dari penyiapan bahan baku, proses produksi (pemberian nilai tambah) hingga produk diterima oleh konsumen. Jika *manage process* merupakan aspek proses bisnis yang harus dilakukan dalam tahap perencanaan, *core process* berintegrasi dengan *manage process* merupakan aspek proses bisnis yang digunakan sebagai acuan dalam tahap pembangunan usaha, dalam hal ini pembangkit listrik tenaga EBT. Dalam *core process* terdapat beberapa aspek proses bisnis yang akan ditinjau, yaitu sebagai berikut:

a. Develop Product

Develop product merupakan upaya-upaya dalam rangka pengembangan produk yang diproduksi oleh suatu usaha, dalam hal ini adalah listrik. Karena listrik termasuk produk yang tidak dapat langsung terlihat (*intangible*), maka salah satu upaya untuk mengembangkan produk tersebut adalah dengan cara memaksimalkan jumlah daya listrik yang dapat tersuplai oleh pembangkit, sehingga jumlah output atau konsumen yang teraliri listrik juga akan meningkat.

Upaya pemaksimalan suplai daya listrik ini dapat dilakukan dengan cara identifikasi kemungkinan-kemungkinan efisiensi komponen pembangkit, seperti yang terlihat pada bagan sistem integrasi produksi yang telah dibuat. Sebagai contoh, komponen turbin memiliki efisiensi sebesar 70%, maka upaya yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan ilmu *research and development* dengan terus mencari komponen yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari yang telah ada. Hal ini berarti jika terdapat turbin yang memiliki efisiensi diatas 70%, dapat dilakukan penggantian turbin pada pembangkit eksisting, sehingga daya listrik yang mampu disuplai untuk konsumen dapat meningkat.

b. *Get Order*

Get order adalah upaya-upaya yang dilakukan oleh suatu usaha/perusahaan dalam mendapatkan order dari pihak *customer*. Dalam perusahaan pada umumnya, hal ini dapat dilakukan dengan cara promosi baik melalui media tulis atau media non-tulis, maupun secara langsung (*door-to-door*). Proses *get order* yang dapat dilakukan dalam konteks kajian ini yaitu berupa analisis kebutuhan listrik masyarakat (*demand*). Yang dimaksud dengan analisis kebutuhan listrik masyarakat dalam hal ini adalah, melakukan peramalan kebutuhan listrik masyarakat untuk beberapa tahun ke depan (dalam kajian ini yaitu dari tahun 2015 hingga tahun 2030). Dari hasil peramalan tersebut, maka dapat diketahui berapa jumlah daya listrik yang harus dibangkitkan dan disalurkan kepada pelanggan listrik, terutama dengan target rumah tangga yang belum teraliri listrik.

c. *Fulfill Order*

Fulfill order adalah upaya-upaya yang dilakukan oleh perusahaan dalam rangka pemenuhan pesanan dari *customer*, dimulai dari pemilihan dan pemesanan bahan baku ke *supplier* (dalam konteks perusahaan manufaktur), proses produksi hingga proses pendistribusian produk ke tangan *customer*. *Fulfill order* terdiri dari tiga jenis yaitu *fulfill order* dalam produksi *made to stock*, *fulfill order* dalam produksi *made to order*, dan *fulfill order* sebagai distributor. Dalam konteks kajian ini, maka jenis *fulfill order* yang dimaksud adalah *fulfill order* dalam produksi *made to stock*.

Fulfill order dalam produksi *made to stock* adalah bagaimana cara perusahaan untuk menyediakan bahan baku dalam rangka memenuhi pesanan *customer*. Dalam hal ini upaya yang dilakukan adalah analisis pemanfaatan EBT sebagai bahan baku & keseimbangan antara bahan baku dan *demand*. Yang dimaksud dengan analisis pemanfaatan EBT sebagai bahan baku adalah dengan bermacam-macam jenis EBT, dalam pemanfaatannya dapat saling melengkapi antara satu jenis tenaga dengan lainnya untuk pemenuhan kebutuhan listrik yang telah

diproyeksi. Hal ini dilakukan secara simultan dengan penyeimbangan antara suplai dengan permintaan/kebutuhan listrik dari sektor rumah tangga yang menjadi *customer* dalam kajian ini. Sehingga, pemanfaatan EBT dilakukan dengan melihat berapa jumlah daya listrik yang dibutuhkan sehingga dapat diidentifikasi dan dianalisis cara-cara pemenuhan kebutuhan listrik tersebut.

d. *Support Product*

Support product merupakan upaya-upaya yang dilakukan perusahaan dalam memberikan fasilitas tambahan bagi produk yang telah diterima oleh *customer*. Sebagai contoh yaitu pemberian garansi produk atau diskon harga produk untuk perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur. Dalam usaha pemenuhan kebutuhan listrik ini, upaya *support product* yang dapat dilakukan yaitu identifikasi komponen-komponen penunjang yang harus tersedia. Komponen-komponen tersebut harus tersedia dalam inventori sebagai pendukung sistem jika sewaktu-waktu terjadi suatu penurunan kinerja atau performansi sistem. Sebagai contoh, komponen seperti *trafo* termasuk salah satu komponen yang bersifat *critical*, harus selalu tersedia sebagai penunjang pembangkit listrik saat sewaktu-waktu *trafo* pada sistem pembangkit tersebut rusak.

3. *Support Process*

Support process adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk tetap menjaga keefektifan dan efisiensi dari sistem kerja perusahaan. *Support process* merupakan segala kegiatan pendukung dari kegiatan inti atau *core process*, yang tidak akan berjalan lancar apabila tidak didukung oleh elemen-elemen lain. Dalam tahap bisnis proses ini, jika *manage process* dikerjakan dalam tahap perencanaan dan *core process* dikerjakan pada tahap pembangunan, maka tahap *support process* dilaksanakan dalam proses operasional usaha tersebut. Berikut ini adalah penjabaran dari aspek-aspek yang terdapat dalam proses bisnis bagian *support process*:

a. *Financial & Accounting Support*

Financial & accounting support merupakan upaya dalam mengatur keuangan sebuah perusahaan. Dalam konteks kajian ini, dimana masih dalam tahap awal perencanaan rekomendasi pembangkit listrik, upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan analisis aspek ekonomis atau analisis biaya pembangkit, apakah pembangkit yang direncanakan layak untuk dibangun, dengan menggunakan parameter Net Present Value (NPV). Selain itu juga dilakukan perhitungan biaya pembangkit yaitu biaya *capital* pembangunan dan biaya operasional serta biaya *maintenance* untuk tiap Kw dan tiap tahunnya.

b. *Human Resources Management Support*

Human resources management support merupakan upaya dalam peningkatan kinerja dengan menggunakan sumber daya manusia yang tersedia. Dalam kondisi perusahaan-perusahaan pada umumnya, aspek ini dilakukan dengan cara perekrutan karyawan baru maupun pelatihan-pelatihan untuk karyawan yang telah bekerja. Dalam kajian ini, aspek HRM yang dapat dilakukan adalah identifikasi tenaga kerja baik itu *operasional labor* dan *maintenance labor*. Di daerah atau lokasi pembangunan pembangkit, masyarakat sekitar dapat melakukan koordinasi untuk penentuan perawatan dan pekerjaan operasional pembangkit secara mandiri, agar pembangkit yang dibangun dalam skala yang relatif kecil tersebut memiliki umur yang lama dan dapat dimanfaatkan secara *sustainable*.

c. *Maintenance Process Support*

Maintenance process support adalah upaya-upaya yang dilakukan dalam pemeliharaan dan perawatan perusahaan. Dalam kajian ini, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mengidentifikasi sistem *maintenance* yang optimal,

d. *Information & Technology Support*

Information & technology support merupakan pemanfaatan IT untuk peningkatan kinerja perusahaan, dalam kajian ini dapat dilakukan dengan identifikasi penggunaan teknologi dan informasi sebagai penunjang sistem pembangkit listrik.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari keseluruhan pengerjaan Tugas Akhir ini. Adapun kesimpulan dan saran yang dapat dipaparkan adalah sebagai berikut.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari pengerjaan Tugas Akhir ini sesuai dengan tujuan yang telah dibuat pada Bab 1 adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi energi terbarukan di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau:
 - a) Energi terbarukan yang berpotensi di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau dalam pemanfaatannya sebagai sumber energi listrik adalah energi mikrohidro dan energi surya. Potensi energi mikrohidro yang teridentifikasi atau daya pasang yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH adalah sebesar 385 Kw di Kabupaten Nunukan dan sebesar 791.95 Kw di Kabupaten Malinau. Sedangkan untuk energi surya yang teridentifikasi menggunakan *software* HOMER, setelah dihitung jumlahnya dari radiasi harian matahari menjadi daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLTS, didapatkan potensinya sebesar 18,323,854.96 Kw untuk Kabupaten Nunukan dan sebesar 51,049,968.52 Kw untuk Kabupaten Malinau.
 - b) Potensi energi surya di Kabupaten Malinau lebih besar dibandingkan Kabupaten Nunukan karena luas wilayah Kabupaten Malinau yang lebih besar, dimana potensi energi surya suatu daerah dipertimbangkan oleh beberapa parameter, yaitu selain radiasi harian matahari dan persentase daerah potensi, juga luas daerah objek amatan.

2. Identifikasi kebutuhan listrik di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau:

- a) Potensi energi mikrohidro teridentifikasi dapat mengalirkan sebanyak 856 unit Rumah Tangga di Kabupaten Nunukan dan 1760 unit Rumah Tangga di Kabupaten Malinau. Berdasarkan Tabel 4.19 dan 4.20, potensi energi mikrohidro yang saat ini teridentifikasi belum dapat memenuhi permintaan jumlah energi listrik dari pelanggan rumah tangga, dengan persentase pemenuhan sebesar 2.26% dari keseluruhan jumlah rumah tangga yang ada di Kabupaten Nunukan pada tahun 2015, dan sebesar 0.79% pada tahun 2030 dari keseluruhan jumlah rumah tangga di Kabupaten Nunukan berdasarkan hasil proyeksi menggunakan *software* LEAP. Sedangkan untuk Kabupaten Malinau adalah sebesar 13.10% pada tahun 2015 dan sebesar 12.08% pada tahun 2030.
- b) Potensi mikrohidro yang teridentifikasi saat ini jumlahnya tetap, terlihat dengan persentase jumlah rumah tangga yang dapat teraliri oleh potensi mikrohidro tiap tahunnya semakin menurun seiring pertambahan jumlah penduduk. Hal ini mengindikasikan harus ada optimalisasi dan penggalan potensi energi mikrohidro maupun energi baru terbarukan (EBT) lainnya untuk selanjutnya guna memenuhi jumlah kebutuhan energi listrik yang terus bertambah tiap tahunnya dengan adanya pertambahan jumlah penduduk di suatu daerah.
- c) Dengan adanya potensi energi surya, seluruh kebutuhan energi listrik di masing-masing kabupaten dapat terpenuhi, karena jumlah potensi yang teridentifikasi jauh lebih besar dibandingkan dengan jumlah kebutuhan energi listrik masyarakatnya. Di Kabupaten Nunukan, dengan potensi energi surya sebesar 18,323,854.96 Kw, kebutuhan energi listrik pada tahun 2015 adalah sebesar 4,443 Kw, atau hanya 0.025% dari keseluruhan potensi yang ada. Sedangkan untuk Kabupaten Malinau, dengan total potensi energi surya sebesar 51,049,968.52 Kw, kebutuhan listrik pada tahun 2015 hanya sebesar 2,853 Kw, atau hanya 0.005% dari keseluruhan potensi. Maka dari itu,

daya yang akan dibangkitkan PLTS mengikuti jumlah kebutuhan energi listrik, agar biaya yang dikeluarkan dapat optimal dan tepat guna.

3. Perencanaan kebutuhan energi listrik berdasarkan kondisi terkini dan estimasi pola konsumsi energi masyarakat mendatang:

- a) Di Kabupaten Nunukan, dengan laju pertumbuhan energi sebesar 10% dan pelanggan listrik sektor rumah tangga sebesar 13%, didapatkan proyeksi kebutuhan listrik tahun 2015 hingga 2030 dengan kenaikan yang cukup signifikan, dengan jumlah kebutuhan energi di tahun 2015 sebesar 4,443.06 Kw dan pada tahun 2030 sebesar 116,077.69 Kw, dengan kenaikan mencapai lebih dari 26 kali lipat. Sedangkan untuk Kabupaten Malinau, dengan laju pertumbuhan energi sebesar 11% dan pelanggan listrik sektor rumah tangga sebesar 11%, didapatkan proyeksi kebutuhan listrik tahun 2015 sebesar 2,853.7 Kw dan pada tahun 2030 sebesar 65,326.6 Kw, dengan kenaikan mencapai lebih dari 22 kali lipat. Kebutuhan energi semakin tahun akan semakin meningkat sehingga perlu diupayakan penyediaan energi yang berkelanjutan pula.
- b) Dari kebutuhan energi yang telah diidentifikasi, direncanakan akan dilakukan pembangunan pembangkit dari tahun 2015 hingga tahun 2030 sejumlah 3 PLTMH di Kabupaten Nunukan dan 16 PLTMH di Kabupaten Malinau, serta sebanyak 215 PLTS di masing-masing Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau. Untuk perencanaan pembangunan PLTMH, lokasi menyesuaikan dengan letak sungai yang berpotensi. Sedangkan untuk perencanaan pembangunan PLTS, menyesuaikan dengan kebutuhan energi listrik yang telah terproyeksi.
- c) Untuk lokasi pembangunan PLTS, dilakukan perencanaan menggunakan metode Brown-Gibson, sehingga memperhatikan faktor objektif dan subjektifnya. Faktor objektif ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu: jumlah penduduk yang belum teraliri listrik (diketahui dari rasio elektrifikasi masing-masing kecamatan di kabupaten terkait); infrastruktur sosial seperti sarana pendidikan,

tempat ibadah dan sarana kesehatan; serta jumlah industri dan perdagangan yang mendukung. Sedangkan untuk faktor subjektif terdiri dari aspek berikut: geografis wilayah masing-masing kecamatan; pola konsumsi energi listrik masyarakat; serta ketersediaan potensi EBT di masing-masing wilayah.

- d) Terkait analisis uji kelayakan, seluruh pembangkit yang direncanakan layak untuk dibangun berdasarkan nilai NPV yang telah dihitung. Namun, apabila nilai NPV bernilai negatif, pembangkit-pembangkit tersebut tetap harus dibangun dikarenakan kebutuhan masyarakat akan energi listrik tetap merupakan tanggung jawab pemerintah dalam pemenuhannya. Sesuai dengan UU No.19 Tahun 2003 tentang Badan Usaha Milik Negara, salah satunya membahas mengenai pelaksanaan *Public Service Obligation* (PSO) oleh BUMN, salah satunya PT PLN (Persero), bahwa terdapat biaya yang harus dikeluarkan oleh negara akibat disparitas/perbedaan harga pokok penjualan BUMN/swasta dengan harga atas produk tertentu yang ditetapkan oleh pemerintah agar pelayanan produk tetap terjamin dan terjangkau oleh sebagian besar masyarakat

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1 Dibutuhkan kerjasama pemerintah dengan investor untuk menyokong PT PLN dalam memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat khususnya daerah-daerah yang tertinggal, karena hal tersebut merupakan kewajiban pemerintah, selain itu biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pembangunan pembangkit listrik tenaga EBT cukup besar
- 2 Diperlukan kajian-kajian berikutnya mengenai identifikasi energi terbarukan di daerah-daerah dengan rasio elektrifikasi rendah untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik yang berkelanjutan.

LAMPIRAN A

Kondisi Umum dan Kependudukan Masing-Masing Kabupaten

Tabel A.1 Jumlah Penduduk dan Proyeksi Tahun 2008-2030 Kabupaten Nunukan

Kecamatan	Tahun										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Krayan	8742	9058	7240	7295	7321	7787	8283	8810	9371	9968	10603
Krayan Selatan	2321	2372	2243	2248	2247	2390	2543	2705	2878	3062	3257
Lumbis	9507	9634	9883	4966	5074	5397	5741	6107	6496	6910	7350
Lumbis Ogong	0	0	0	5278	5393	5737	6102	6491	6904	7344	7812
Sembakung	8542	8580	8138	8519	8759	9317	9910	10541	11212	11926	12685
Nunukan	55701	47056	53621	52164	55853	59407	63187	67207	71483	76031	80869
Sei Menggaris	0	0	0	7673	8216	8739	9295	9887	10517	11187	11899
Nunukan Selatan	0	0	12260	14594	16273	17309	18411	19583	20829	22155	23565
Sebuku	11981	12236	14899	10044	10759	11444	12173	12948	13772	14649	15581
Tulin Onsoi	0	0	0	6606	7076	7527	8006	8516	9058	9635	10248
Sebatik	20935	21610	22173	4266	4455	4739	5041	5362	5704	6067	6453
Sebatik Timur	0	0	0	11499	12009	12774	13587	14452	15372	16350	17391
Sebatik Tengah	0	0	0	6736	7035	7483	7960	8467	9006	9579	10189
Sebatik Utara	0	0	0	5186	5417	5762	6129	6519	6934	7376	7846
Sebatik Barat	11282	11543	10384	7195	7515	7994	8503	9044	9620	10233	10885
Jumlah	129011	122089	140841	154269	163402	173806	184871	196639	209156	222472	236633

Tabel A.1 Jumlah Penduduk dan Proyeksi Tahun 2008-2030 Kabupaten Nunukan (lanjutan).

Kecamatan	Tahun											
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Krayan	11278	11996	12760	13572	14436	15355	16332	17372	18478	19654	20905	22235
Krayan Selatan	3465	3686	3921	4171	4437	4720	5021	5341	5681	6043	6428	6837
Lumbis	7818	8316	8846	9409	10008	10645	11323	12044	12811	13627	14494	15417
Lumbis Ogong	8310	8839	9402	10001	10638	11315	12035	12801	13616	14483	15405	16386
Sembakung	13493	14352	15266	16238	17272	18371	19540	20784	22107	23514	25010	26602
Nunukan	86014	91487	97308	103499	110084	117088	124538	132462	140890	149854	159388	169529
Sei Menggaris	12657	13463	14320	15232	16202	17233	18330	19497	20738	22058	23462	24955
Nunukan Selatan	25065	26660	28357	30162	32081	34123	36294	38604	41061	43674	46453	49409
Sebuku	16573	17628	18750	19943	21212	22562	23998	25525	27149	28877	30715	32670
Tulin Onsoi	10900	11594	12332	13117	13952	14840	15785	16790	17859	18996	20205	21491
Sebatik	6864	7301	7766	8261	8787	9347	9942	10575	11248	11964	12726	13536
Sebatik Timur	18498	19675	20927	22259	23676	25183	26786	28491	30304	32232	34283	36465
Sebatik Tengah	10838	11528	12262	13043	13873	14756	15695	16694	17757	18887	20089	21368
Sebatik Utara	8346	8877	9442	10043	10682	11362	12085	12854	13672	14542	15468	16453
Sebatik Barat	11578	12315	13099	13933	14820	15763	16766	17833	18968	20175	21459	22825
Jumlah	251697	267717	284758	302883	322160	342663	364470	387667	412339	438580	466490	496178

Tabel A.2 Jumlah Anggota Rumah Tangga Kabupaten Nunukan

Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Rata-rata Anggota Rumah Tangga
Krayan	1,952	3,75
Krayan Selatan	621	3,62
Lumbis	1,470	3,45
Lumbis Ogong	913	5,91
Sembakung	2,246	3,90
Nunukan	11,391	4,90
Sei Menggaris	1,491	5,51
Nunukan Selatan	2,599	4,14
Sebuku	1,478	4,79
Tulin Onsoi	3,181	5,11
Sebatik	1,054	4,23
Sebatik Timur	2,837	4,23
Sebatik Tengah	1,488	3,64
Sebatik Utara	1,323	5,32
Sebatik Barat	1,665	4,51
Jumlah	35,708	4.58

Tabel A.3 Jumlah Anggota Rumah Tangga Kabupaten Malinau

Kecamatan	Jumlah Penduduk	Jumlah KK Th 2013	Jumlah Penghuni RT
Mentarang *)	5585	1150	4.858211552
Malinau Kota	21367	4171	5.123243658
Pujungan	2115	355	5.957746479
Kayan Hilir	1586	296	5.350877193
Kayan Hulu	2517	532	4.73476298
Malinau Selatan**)	4018	1671	2.404836007
Malinau Utara	11550	2158	5.35267402
Malinau Barat	9682	1781	5.436271757
Sungai Boh	2517	462	5.445694505
Kayan Selatan	2174	376	5.788072417
Bahau Hulu	1614	318	5.075471698
Mentarang Hulu	891	164	5.426309379
Rata-Rata			5.08

*) Termasuk Kecamatan Sungai Tubu

**) Termasuk Kecamatan Malinau Selatan Hilir dan Malinau Selatan Hulu

Tabel A.4 Jumlah dan Proyeksi Rumah Tangga Tahun 2008-2030 Kabupaten Nunukan.

Kecamatan	Tahun											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Krayan	1909	1978	1581	1593	1598	1700	1809	1924	2046	2176	2315	2462
Krayan Selatan	507	518	490	491	491	522	555	591	628	669	711	757
Lumbis	2076	2103	2158	1084	1108	1178	1253	1333	1418	1509	1605	1707
Lumbis Ogong	0	0	0	1152	1178	1253	1332	1417	1507	1603	1706	1814
Sembakung	1865	1873	1777	1860	1912	2034	2164	2302	2448	2604	2770	2946
Nunukan	12162	10274	11708	11390	12195	12971	13796	14674	15608	16601	17657	18780
Sei Menggaris	0	0	0	1675	1794	1908	2029	2159	2296	2443	2598	2764
Nunukan Selatan	0	0	2677	3186	3553	3779	4020	4276	4548	4837	5145	5473
Sebuku	2616	2672	3253	2193	2349	2499	2658	2827	3007	3198	3402	3619
Tulin Onsoi	0	0	0	1442	1545	1643	1748	1859	1978	2104	2238	2380
Sebatik	4571	4718	4841	931	973	1035	1101	1171	1245	1325	1409	1499
Sebatik Timur	0	0	0	2511	2622	2789	2967	3155	3356	3570	3797	4039
Sebatik Tengah	0	0	0	1471	1536	1634	1738	1849	1966	2091	2225	2366
Sebatik Utara	0	0	0	1132	1183	1258	1338	1423	1514	1610	1713	1822
Sebatik Barat	2463	2520	2267	1571	1641	1745	1857	1975	2100	2234	2377	2528
Jumlah	28168	26657	30751	33683	35677	37949	40365	42934	45667	48575	51667	54956

Tabel A.5 Jumlah dan Proyeksi Rumah Tangga Tahun 2008-2030 Kabupaten Nunukan (lanjutan).

Kecamatan	Tahun										
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Krayan	2619	2786	2963	3152	3353	3566	3793	4034	4291	4564	4855
Krayan Selatan	805	856	911	969	1031	1096	1166	1240	1319	1403	1493
Lumbis	1816	1931	2054	2185	2324	2472	2630	2797	2975	3165	3366
Lumbis Ogong	1930	2053	2184	2323	2471	2628	2795	2973	3162	3364	3578
Sembakung	3134	3333	3545	3771	4011	4266	4538	4827	5134	5461	5808
Nunukan	19975	21246	22598	24036	25565	27192	28922	30762	32719	34801	37015
Sei Menggaris	2940	3127	3326	3538	3763	4002	4257	4528	4816	5123	5449
Nunukan Selatan	5821	6191	6586	7005	7450	7924	8429	8965	9536	10143	10788
Sebuku	3849	4094	4354	4631	4926	5240	5573	5928	6305	6706	7133

Tabel A.5 Jumlah dan Proyeksi Rumah Tangga Tahun 2008-2030 Kabupaten Nunukan (lanjutan).

Kecamatan	Tahun										
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tulin Onsoi	2531	2693	2864	3046	3240	3447	3666	3899	4148	4412	4692
Sebatik	1594	1696	1804	1919	2041	2171	2309	2456	2612	2779	2955
Sebatik Timur	4296	4569	4860	5169	5498	5848	6221	6617	7038	7485	7962
Sebatik Tengah	2517	2677	2848	3029	3222	3427	3645	3877	4124	4386	4666
Sebatik Utara	1938	2062	2193	2332	2481	2639	2807	2985	3175	3377	3592
Sebatik Barat	2689	2860	3042	3236	3442	3661	3894	4141	4405	4685	4984
Jumlah	58453	62174	66132	70341	74817	79579	84643	90030	95760	101854	108336

Tabel A.5 Jumlah Penduduk dan Proyeksinya Tahun 2008-2030 Kabupaten Malinau.

Kecamatan	Tahun										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Mentarang *)	5378	5379	5291	5585	5721	5748	5776	5804	5832	5860	5888
Malinau Kota	16531	17851	19247	20135	20755	20853	20952	21051	21151	21251	21352
Pujungan	1893	1866	1800	1900	1766	1775	1784	1793	1802	1811	1820
Kayan Hilir	1376	1376	1352	1427	1475	1482	1489	1497	1505	1513	1521
Kayan Hulu	2524	2547	2535	2675	2645	2658	2671	2684	2697	2710	2723
Malinau Selatan **)	6868	7418	7999	8443	8314	8354	8394	8434	8474	8514	8555
Malinau Utara	8696	9390	10124	10686	10738	10789	10840	10892	10944	10996	11048
Malinau Barat	7007	7566	8157	8609	8863	8905	8947	8990	9033	9076	9119
Sungai Boh	2139	2159	2148	2267	2300	2311	2322	2333	2344	2356	2368
Kayan Selatan	1705	1720	1711	1806	1869	1878	1887	1896	1905	1914	1924
Bahau Hulu	1535	1513	1460	1541	1582	1590	1598	1606	1614	1622	1630
Mentarang Hulu	768	769	756	798	817	821	825	829	833	837	841
TOTAL	56,420	59,554	62,580	65,872	66,845	67,164	67,485	67,809	68,134	68,460	68,789

*) Termasuk Kecamatan Sungai Tubu

**) Termasuk Kecamatan Malinau Selatan Hilir dan Malinau Selatan Hulu

Tabel A.5 Jumlah Penduduk dan Proyeksinya Tahun 2008-2030 Kabupaten Malinau (lanjutan).

Kecamatan	Tahun											
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mentarang *)	5916	5944	5972	6001	6030	6059	6088	6117	6146	6175	6205	6235
Malinau Kota	21453	21555	21657	21759	21862	21965	22069	22173	22278	22383	22489	22595
Pujungan	1829	1838	1847	1856	1865	1874	1883	1892	1901	1910	1919	1929
Kayan Hilir	1529	1537	1545	1553	1561	1569	1577	1585	1593	1601	1609	1617
Kayan Hulu	2736	2749	2762	2776	2790	2804	2818	2832	2846	2860	2874	2888
Malinau Selatan **)	8596	8637	8678	8719	8761	8803	8845	8887	8929	8972	9015	9058
Malinau Utara	11101	11154	11207	11260	11314	11368	11422	11476	11531	11586	11641	11696
Malinau Barat	9162	9206	9250	9294	9338	9382	9427	9472	9517	9562	9608	9654
Sungai Boh	2380	2392	2404	2416	2428	2440	2452	2464	2476	2488	2500	2512
Kayan Selatan	1934	1944	1954	1964	1974	1984	1994	2004	2014	2024	2034	2044
Bahau Hulu	1638	1646	1654	1662	1670	1678	1686	1694	1702	1711	1720	1729
Mentarang Hulu	845	849	853	858	863	868	873	878	883	888	893	898
TOTAL	69119	69451	69783	70118	70456	70794	71134	71474	71816	72160	72507	72855

*) Termasuk Kecamatan Sungai Tubu

**) Termasuk Kecamatan Malinau Selatan Hilir dan Malinau Selatan Hulu

Tabel A.7 Jumlah dan Proyeksi Rumah Tangga Tahun 2008-2030 Kabupaten Malinau

Kecamatan	Tahun											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Mentarang*)	1083	1076	1076	1058	1117	1144	1150	1155	1161	1166	1172	1178
Malinau Kota	3454	3306	3570	3849	4027	4151	4171	4190	4210	4230	4250	4270
Pujungan	418	379	373	360	380	353	355	357	359	360	362	364
Kayan Hilir	295	275	275	270	285	295	296	298	299	301	303	304
Kayan Hulu	394	505	509	507	535	529	532	534	537	539	542	545
Malinau Selatan**)	1428	1374	1484	1600	1689	1663	1671	1679	1687	1695	1703	1711
Malinau Utara	1682	1739	1878	2025	2137	2148	2158	2168	2178	2189	2199	2210
Malinau Barat	1430	1401	1513	1631	1722	1773	1781	1789	1798	1807	1815	1824
Sungai Boh	410	428	432	430	453	460	462	464	467	469	471	474
Kayan Selatan	301	341	344	342	361	374	376	377	379	381	383	385
Bahau Hulu	339	307	303	292	308	316	318	320	321	323	324	326
Mentarang Hulu	157	154	154	151	160	163	164	165	166	167	167	168
TOTAL	11391	11284	11911	12516	13174	13369	13433	13497	13562	13627	13692	13758

*) Termasuk Kecamatan Sungai Tubu

**) Termasuk Kecamatan Malinau Selatan Hilir dan Malinau Selatan Hulu

Tabel A.7 Jumlah dan Proyeksi Rumah Tangga Tahun 2008-2030 Kabupaten Malinau (lanjutan).

Kecamatan	Tahun											
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mentarang*)	1200	1208	1216	1224	1233	1241	1249	1258	1266	1275	1284	1292
Malinau Kota	4350	4379	4409	4438	4468	4498	4528	4559	4589	4620	4651	4682
Pujungan	371	373	376	379	381	384	386	389	392	395	397	400
Kayan Hilir	310	312	314	317	319	321	323	325	328	330	332	335
Kayan Hulu	555	559	563	566	570	574	578	582	586	590	594	598
Malinau Selatan**)	1743	1755	1767	1779	1791	1803	1815	1827	1840	1852	1865	1877
Malinau Utara	2251	2266	2281	2297	2312	2328	2343	2359	2375	2391	2407	2423
Malinau Barat	1858	1871	1883	1896	1909	1922	1935	1948	1961	1974	1988	2001
Sungai Boh	483	486	489	493	496	500	503	506	510	513	517	521
Kayan Selatan	392	395	398	401	403	406	409	412	415	417	420	423
Bahau Hulu	332	334	337	339	342	344	346	349	351	354	356	358
Mentarang Hulu	172	173	174	175	177	178	179	180	182	183	184	186
TOTAL	14016	14112	14207	14304	14400	14498	14596	14694	14794	14894	14995	15097

*) Termasuk Kecamatan Sungai Tubu

**) Termasuk Kecamatan Malinau Selatan Hilir dan Malinau Selatan Hulu

LAMPIRAN B

Kondisi Kelistrikan Potensi Energi Terbarukan di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Malinau

Tabel B.1 Jaringan Listrik yang Sudah Terbangun di Kabupaten Nunukan

JENIS KEGIATAN	LOKASI		TAHUN	JENIS				SUMBER DANA	STATUS
				SUTM (Meter)	SUTR (Meter)	TRAFO (kVA)	LAINNYA		
Pembangunan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)	KECAMATAN NUNUKAN	Jln. Tanjung Batu - SMK Nunukan	2005	746.67					Aktif
		PLTD - RSUD Sei. Fatimah	2007	4246.67					Aktif
		Dermaga Tanah Merah	2010	416.67					Aktif
		Embung Bolong Jln. Pongtiku	2012	1700					Aktif
		WTP PDAM Persemaian	2013	1101.59					
		Jl. Padat Karya Belakang BKDD	2013	1500.00					
		Jl. Binusan Kilo-3 (SDN 015 Binusan)	2013	4681.90					
		Stadion Sei Bilal	2013	50.16					
		IPA-PDAM Binusan	2013	117.46					
	KECAMATAN NUNUKAN SELATAN	Mamolok - Sei. Lancang	2006	5613.67					Aktif
		KPN Griya Sedadap	2005	3120					Aktif
		Cool Storage Mansapa	2007	1138					Aktif
		Mansapa - Lembaga Pemasarakatan	2009	1785					Aktif
		Sedadap - Gang Limau	2010	1207.50					Aktif
		Perumahan Relokasi Jln. Pesantren	2011	450					Aktif
		GOR Jln. Sei. Sembilang	2012	50					Aktif
		Dermaga Fery Jln. Sei. Jepun	2012	1150					Aktif
		Panamas Sei Jepun	2013	773.97					
		Gadis I - Rusunawa	2013	142.86					Aktif
	KECAMATAN SEBATIK	Balai Benih Udang	2013	1000					
	KECAMATAN SEBATIK BARAT	Rmh Dinas Kecamatan	2008	1632					
		SMP Satu Atap	2012	550					
		Simpang Bahagia	2013	1534.92					
		Kampung Enrekang	2013	349.21					
	KECAMATAN LUMBIS	Rumah Dinas Kecamatan	2012	950					
		Kantor Penyuluh Pertanian	2012	450					
		PDAM Lama Mansalong	2013	200					
		Perumahan Dinas Kecamatan	2013	150.16					

Tabel B.1 Jaringan Listrik yang Sudah Terbangun di Kabupaten Nunukan (lanjutan).

JENIS KEGIATAN	LOKASI		TAHUN	JENIS				SUMBER DANA	STATUS
				SUTM (Meter)	SUTR (Meter)	TRAFO (kVA)	LAINNYA		
	KECAMATAN SEBUKU	Desa Pembelianan - Kekayap	2013	5061.90					
	KECAMATAN SEMBAKUNG	Desa Atap	2013	1088.89					
	KECAMATAN KRAYAN	Desa Long Keiwan	2013	2650.16					
Pembangunan Saluran Udara Tegangan Rendah	KECAMATAN NUNUKAN	Jln. Tanjung Batu SMK Nunukan	2005		970				Aktif
		Jln. Pattimura	2007		487				Aktif
		Jln. Kampung Timur	2007		173				Aktif
		Jln. TVRI (Polisi Militer)	2007		215				Aktif
		Jln. Simpang Sei. Fatimah - Binusan	2007		884				Aktif
		Rmh Dinas RSUD Sei. Fatimah	2007		180				
		Ktr Kodim - Sei. Fatimah	2009		202.65				Aktif
		Kmp. Pisang Jln. Persemaian	2010		960				Aktif
		Gereja Bethany Jln. Selisun	2011		120				Aktif
		Sei. Bilal	2011		525				Aktif
		Gang Floresta Jln. Persemaian	2012		609				Aktif
		Gang Puncak Jln. Pongtiku	2012		263				Aktif
		Gang Biola Jln. H. Sumang	2012		120				Aktif
		Gang Puncak Permai Sei. Fatimah	2012		80				
		Kmp. Pisang Jln. Persemaian	2012		40				
		WTP PDAM Persemaian	2013		94.39				
		Jl. Padat Karya Belakang BKDD	2013		981.31				
		Jl. Binusan Kilo-3 (SDN 015 Binusan	2013		2,532.71				
		Stadion Sei Bilal	2013		49.53				
		Jl. Brigade (Persemaian)	2013		196.26				
		Jl. Kampung Jawa	2013		98.13				
		Jl. Pong Tiku RT. 17	2013		196.26				
		JL. Pasar Induk	2013		392.52				Aktif
		Jl. Tanjung Batu RT. 18	2013		647.66				
		Jl. Sei Fatima RT. 12	2013		918.69				
		Kampung Solor	2013		392.52				
		Gang Antong Salbia (Jl. Angkasa)	2013		117.76				

Tabel B.1 Jaringan Listrik yang Sudah Terbangun di Kabupaten Nunukan (lanjutan).

JENIS KEGIATAN	LOKASI		TAHUN	JENIS				SUMBER DANA	STATUS
				SUTM (Meter)	SUTR (Meter)	TRAFO (kVA)	LAINNYA		
		IPA-PDAM Binusan	2013		78.50				
	KECAMATAN NUNUKAN SELATAN	Jln. Sedadap - Ktr. Bupati	2005		6768				Aktif
		KPN Griya Sedadap	2005		2240				Aktif
		Mamolok - Sei. Lancang	2006		2741				Aktif
		Kantor BPS Sedadap	2007		271				Aktif
		Gang H. Burhan Jln. Ujang Dewa	2007		611				Aktif
		Cool Storage Mansapa	2007		1423				Aktif
		Asrama Brimob	2009		359				Aktif
		Jln. Adhi Karya Sedadap	2009		84				Aktif
		Ktr. Camat Nunukan Selatan - Lapas	2009		1648				Aktif
		Perumahan Relokasi Jln. Pesantren	2009		1936				Aktif
		RT. 06 - RT. 07 Kel. Mansapa	2010		892.5				Aktif
		SD 005 Panamas	2010		322.45				Aktif
		Masjid - Ktr. Kel. Mansapa	2010		126				Aktif
		SMP - SMU 1 Nusa	2010		218.4				Aktif
		Jln. Antasari (Belakang BKDD)	2010		231				Aktif
		Jln. Sedadap (Ujang Dewa) - KPN	2010		294				Aktif
		Sedadap - Gang Limau	2010		871.5				Aktif
		Dermaga Fery Jln. Sei. Jepun	2012		150				Aktif
Pembangunan Saluran Udara Tegangan Rendah	KECAMATAN NUNUKAN SELATAN	Gang Rama Jln. Lanal	2012		252				Aktif
		Gang Nangka Jln. Ujang Dewa	2012		861				Aktif
		Perumahan KPN Baru	2012		840				Aktif
		Gang Dayak Jln. Ujang Dewa	2012		504				Aktif
		Gang Teratai Jln. Sei. Jepun	2012		394				Aktif
		Gang Perbatasan Jln. Ujang Dewa	2012		336				Aktif
		GOR Sei. Sembilang	2012		53				Aktif
		Ktr. Lurah Tanjung Harapan	2012		1040				Aktif
		Ktr. BPN Jln. Sei. Jepun	2012		800				Aktif
		Jl. Panamas Sei Jepun	2013		1285.05				
		Jln. Tjg Harapan - Semengkadu	2013		1618.69				
		Jl. Patimura - KDB	2013		205.61				
		Gereja Sei Sembilan	2013		157.01				
		Gang Dayak Jln. Ujang Dewa	2013		117.76				

Tabel B.1 Jaringan Listrik yang Sudah Terbangun di Kabupaten Nunukan (lanjutan).

JENIS KEGIATAN	LOKASI		TAHUN	JENIS				SUMBER DANA	STATUS
				SUTM (Meter)	SUTR (Meter)	TRAFO (kVA)	LAINNYA		
		Gadis I	2013		79.44				Aktif
		Kampung Tidung	2013		471.03				
		Mambunut	2013		863.55				Aktif
		Gadis I - Rusunawa	2013		181.31				Aktif
		Sei Lancang	2013		392.52				
	KECAMATAN SEBATIK	Jln. Padaelo SMP 3	2008		190				Aktif
		Jln. Puskesmas Lama Ds. Sejahtera	2008		310				Aktif
		SD 012 dan SMP 006	2009		523				Aktif
		Pesantren Mutiara Bangsa	2011		880				Aktif
		Pos BBU Sebatik	2013		1059.81				
		Jl. Junudi Sebatik	2013		467.29				
	KECAMATAN SEBATIK BARAT	Rumah Dinas Kecamatan	2008		310				
		SMP Satu Atap	2012		336				Aktif
		Pos Pengawasan KKPD	2013		140.19				
		Kampung Enrekang	2013		1028.04				
		Simpang Bahagia	2013		491.59				
	KECAMATAN SEBATIK UTARA	Kantor Camat Sebatik Utara	2013		157.01				
		MA. Rita RT. 11	2013		196.26				
	KECAMATAN SEBUKU	Desa Pembeliangan	2011		1800				
		Desa Pembeliangan	2012		2200				
		Pembeliangan - Kekayap	2013		981.31				
	KECAMATAN LUMBIS	Rumah Dinas Kecamatan	2012		80				
		Kantor Penyuluh Pertanian	2012		320				
		PDAM Lama Mansalong	2013		343.93				
		PDAM Baru	2013		42.06				
		Perumahan Dinas Kecamatan	2013		638.32				
		Perumahan Guru Mansalong	2013		247.66				
	KECAMATAN SEMBAKUNG	Desa Atap	2013		1358.88				
	KECAMATAN KRAYAN	Long Keiwan	2013		3066.36				
	KECAMATAN								

Tabel B.1 Jaringan Listrik yang Sudah Terbangun di Kabupaten Nunukan (lanjutan).

JENIS KEGIATAN	LOKASI		TAHUN	JENIS				SUMBER DANA	STATUS
				SUTM (Meter)	SUTR (Meter)	TRAFO (kVA)	LAINNYA		
Trafo	NUNUKAN	Jln. Tanjung Batu - SMK Nunukan	2005			100			Aktif
		Sei. Lancang	2006			100			Aktif
		Jln. Tanjung Batu - SMK Nunukan	2009			160			Aktif
		RSUD Sei. Fatimah	2009			100			
		WTP PDAM Persemaian	2013			100			
		Jl. Padat Karya Belakang BKDD	2013			100			
		Jl. Binusan Kilo-3 (SDN 015 Binusan)	2013			300	3 x 100 kVA		
		Stadion Sei Bilal	2013			160			
		IPA-PDAM Binusan	2013			100			
	KECAMATAN NUNUKAN SELATAN								
		Sedadap - Kantor Bupati	2005			100			Aktif
		Sedadap - Kantor Bupati	2005			50			Aktif
		KPN Griya Sedadap	2005			160			Aktif
		Mamolok - Sei. Lancang	2006			100			Aktif
		Cool Storage Mansapa	2007			100			Aktif
		Lembaga Pemasyarakatan	2009			160			Aktif
		Sedadap - Gang Limau	2010			100			Aktif
		Perumahan Relokasi Jln. Pesantren	2011			100			Aktif
		GOR Jln. Sei. Sembilang	2012			160			Aktif
		Dermaga Fery Sei. Jepun	2012			160			Aktif
		Jalan Panamas Sei Jepun	2013			100			
		Jalan Panamas Sei Jepun	2013			50			
		Tjg Harapan - Semengkadu	2013			200			
		Gadis I - Rusunawa	2013			200			
		Sei Lancang	2013			100			
	KECAMATAN SEBATIK BARAT								
		Rumah Dinas Kesehatan	2011			100			Aktif
		SMP Satu Atap	2012			160			Aktif
		Kampung Enrekang	2013			100			
		Simpang Bahagia	2013			100			
	KECAMATAN								

Tabel B.1 Jaringan Listrik yang Sudah Terbangun di Kabupaten Nunukan (lanjutan).

JENIS KEGIATAN	LOKASI		TAHUN	JENIS				SUMBER DANA	STATUS
				SUTM (Meter)	SUTR (Meter)	TRAFO (kVA)	LAINNYA		
	SEBATIK	Pos BBU Sebatik	2013			160			
Pemasangan Trafo	KECAMATAN SEBUKU								
		Pembelian - Kekayap	2013			100			
		Pembelian - Kekayap	2013			100			
		Pembelian - Kekayap	2013			100			
		Pembelian - Kekayap Step Up	2013				315		
	KECAMATAN LUMBIS								
		Rumah Dinas Kecamatan	2011			160			
		Kantor Penyuluh Pertanian	2012			160			
	KECAMATAN SEMBAKUNG	PDAM Mansalong	2013			100			
		Desa Atap	2013			100			
	KECAMATAN KRAYAN								
		Desa Long Keiwan	2013			100	2 x 50		
		Desa Long Keiwan	2013			100			
Pemasangan Out Going Cubicle Feeder Khusus RSUD		RSUD Sei. Fatimah	2008						Aktif
Pergeseran Trafo 3 Phasa		Jln. Martadinata - Pasar Baru	2005			20			Aktif
		Relokasi Pesantren -SMK	2010			160			Aktif
Pemasangan PJU		Sedadap - Kantor Bupati	2005				200		Aktif
TOTAL				45,609.35	61,331.42	4,880.00	515.00		

Tabel B.2 Data Listrik Terjual di Kabupaten Malinau Tahun 2012.

Kelompok Tarif	Jumlah Pelanggan	VA Tersambung	kWh Terjual	Rata - Rata tarif per kWh
Sosial				
S-1	147	1323	178	7400 (Abodemen)
S-2	208	630650	742356	626.29
S-3	1	240000	837600	658.74
Rumah Tangga				
R-1	6555	6805950	15487632	656.17
R-2	90	365900	727590	889.33
R-3	11	171100	250165	1196
Bisnis				
B-1	599	1185000	2724908	841.9
B-2	60	1087400	1255307	1189
B-3				
B-4				
Industri				
I-1				
I-2	4	230000	1047518	858.27
I-3				
Perkantoran				
P-1	104	984300	1555503	112
P-2	2	1210000	1795600	798.16
P-3 (PJU)	33	536400	1244643	819.99
Total	7814	13448023	27669000	

Tabel B.3 Data PLTMH yang Dibangun dan Dikelola di Kabupaten Malinau.

Kecamatan	Desa	Unit	Tahun Dibangun	Kapasitas (kW)	Dibangun Oleh/ Pelaksana	Kondisi Saat Ini	Pengelola	Pengguna
Mentarang	Paking	1	2006	40	PLN Wil. Kaltim (Lisdes)	Rehabilitasi	Masyarakat	Masyarakat
Mentarang Hulu	Long Berang	1	2006	45	Distamben	Rehabilitasi	Masyarakat	Masyarakat
	Long Semamu	1	2012	10	Distamben	Rencana Tahap II	Masyarakat	Masyarakat
	Long Pala	1	2013	8	Distamben	Tahap I	Masyarakat	Masyarakat
Pujungan	Long Pujungan	1	2009	60	Distamben	Layak	Masyarakat	Masyarakat
	Long Aran	1	2012	80	Distamben	Tahap II	Masyarakat	Masyarakat
Bahau Hulu	Long Alango	1	2007	60	Distamben	Layak	Masyarakat	Masyarakat
	Apau Ping	1	2012	24	Distamben	Tahap II	Masyarakat	Masyarakat
Kayan Hilir	Data Dian	1	2007	10	Distamben	Layak	Masyarakat	Masyarakat
	Sei Anai & Metun	1	2012	32	Distamben	Tahap II	Masyarakat	Masyarakat
	Long Sule & Long Pipa	1	2013	375	Distamben	Tahap I	Masyarakat	Masyarakat
Kayan Selatan	Long Ampung/Metulang	1	2009	35	Distamben	Layak	Masyarakat	Masyarakat
	Sei Barang	1	2009	25	Distamben	Layak	Masyarakat	Masyarakat
	Long Uro & Lidung Payau	1	2013	32	Distamben	Tahap I	Masyarakat	Masyarakat
Sungai Boh	Mahak Baru & Dumu Mahak	1	2013	80	Distamben	Tahap I	Masyarakat	Masyarakat
Kayan Hulu	Long Payau	1	2013	112.5	Distamben	Tahap II	Masyarakat	Masyarakat
Jumlah		16		1028.5				

Tabel B.4 Data PLTS yang Dibangun dan Dikelola di Kabupaten Malinau.

Kecamatan	Desa	Unit	Tahun Dibangun	Kapasitas (kWp)	Dibangun Oleh/ Pelaksana	Kondisi Saat Ini	Pengelola	Pengguna
Malinau Barat	Punan Bengalun	1	2013	15	ESDM	Beroperasi	Masyarakat	Masyarakat
Kayan Hulu	Long Betaoh	1	2013	10	KPDT	Beroperasi	Masyarakat	Masyarakat
Bahau Hulu	Long Kemuat	1	2013	4	KPDT	Proses Penyelesaian (45%)	Masyarakat	Masyarakat
Mentarang Hulu	Long Mekatif	1	2013	8	APBD	Jar. Ke Rumah &Pembangkit	Masyarakat	Masyarakat
	Long Simau	1	2013	4	KPDT	Proses Penyelesaian (45%)	Masyarakat	Masyarakat
Malinau Selatan	Laban Nyarit	1	2013	10	KPDT	Proses Penyelesaian (85%)	Masyarakat	Masyarakat
Jumlah		6		51				

LAMPIRAN C

Perhitungan Dan Metode Perencanaan Pembangunan Pembangkit

Tabel C.1 Infrastruktur Pendidikan Kabupaten Nunukan

Kecamatan	TK Negeri	TK Swasta	SDN	SDS	SLTPN	SLTPS	SLTAN	SLTAS	SMKN	SMKS	Pesantren	Jumlah Sekolah
Krayan	0	3	21	0	4	0	1	2	1	0	0	32
Krayan Selatan	0	1	6	0	3	0	0	1	0	0	0	11
Lumbis	0	1	10	0	2	0	1	0	0	0	0	14
Lumbis Ogong	0	0	10	0	3	0	0	0	0	0	0	13
Sembakung	0	1	18	0	6	0	1	0	0	0	0	26
Nunukan	0	12	14	5	3	5	1	4	1	1	1	47
Sei Menggaris	0	1	4	0	2	0	0	0	0	0	0	7
Nunukan Selatan	1	2	5	3	3	2	1	0	0	0	0	17
Sebuku	0	4	10	1	3	0	1	0	0	0	0	19
Tulin Onsoi	0	1	8	0	2	0	0	0	1	0	0	12
Sebatik	0	2	2	1	2	1	1	0	0	0	1	10
Sebatik Timur	0	2	3	4	0	1	0	1	0	1	0	12
Sebatik Tengah	0	2	6	0	2	0	1	0	0	0	0	11
Sebatik Utara	1	1	2	1	1	0	0	1	0	0	0	7
Sebatik Barat	0	2	5	2	2	0	0	0	1	0	0	12

Tabel C.3 Industri dan Perdagangan Kabupaten Nunukan

Kecamatan	KUD	Non KUD	Induk Koperasi	Koperasi Primer	Hotel	Wisata alam	Wisata buatan	Jumlah Industri & Perdagangan
Krayan	0	22	0	22	4	5	1	54
Krayan Selatan	0	10	0	10	0	4	3	27
Lumbis	0	3	0	3	3	2	0	11
Lumbis Ogong	0	8	0	8	0	0	0	16
Sembakung	1	17	0	18	1	0	2	39
Nunukan	1	120	0	121	19	1	1	263
Sei Menggaris	2	3	0	5	0	0	0	10
Nunukan Selatan	0	16	0	16	0	2	0	34
Sebuku	0	9	0	9	2	0	0	20
Tulin Onsoi	0	17	0	17	0	3	0	37
Sebatik	0	4	0	4	0	3	0	11
Sebatik Timur	0	12	0	12	4	1	0	29
Sebatik Tengah	0	6	0	6	0	0	0	12
Sebatik Utara	1	10	0	11	2	0	0	24
Sebatik Barat	0	14	0	14	0	6	0	34

Tabel C.2 Infrastruktur Kesehatan Kabupaten Nunukan

Kecamatan	RS			Puskesmas			Lainnya			Jumlah Infrastruktur Kesehatan	Jumlah Tempat Ibadah	Total Infrastruktur Sosial
	RSUD	RSU Swasta	RS Khusus	Induk	Pembantu	Keliling	Klinik/Praktek Dokter	Posyandu	Bidan Praktek			
Krayan	0	0	0	1	7	0	3	19	2	32	0	64
Krayan Selatan	0	0	0	1	3	0	0	6	0	10	0	21
Lumbis	0	0	0	1	10	1	2	21	5	40	34	88
Lumbis Ogong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Sembakung	0	0	0	1	11	1	2	20	5	40	31	97
Nunukan	1	0	0	1	2	2	42	34	20	102	84	233
Sei Menggaris	0	0	0	1	3	2	3	12	3	24	0	31
Nunukan Selatan	0	0	0	1	2	2	2	25	7	39	40	96
Sebuku	0	0	0	1	3	1	5	19	3	32	53	104
Tulin Onsoi	0	0	0	1	6	1	-	12	2	22	0	34
Sebatik	0	0	0	1	3	3	1	25	6	39	44	93
Sebatik Timur	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	14
Sebatik Tengah	0	0	0	1	2	1	2	11	2	19	0	30
Sebatik Utara	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	8
Sebatik Barat	0	0	0	1	4	1	1	17	3	27	37	76

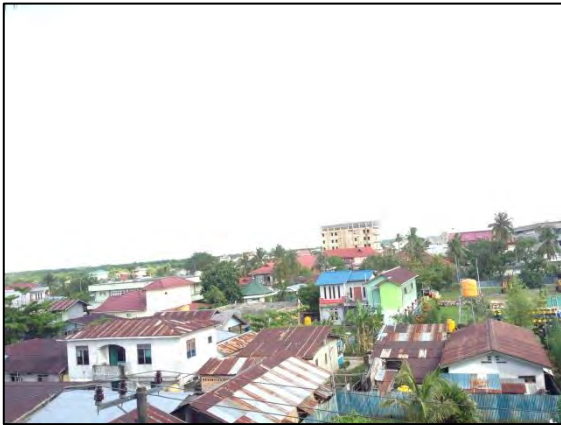
Tabel C.4 Infrastruktur Pendidikan Kabupaten Malinau.

Kecamatan	TK Negeri	TK Swasta	SDN	SDS	SLTPN	SLTPS	SLTAN	SLTAS	SMKN	SMKS	Pesantren	Jumlah Sekolah
Malinau Kota	1	7	11	1	3	0	1	3	2	0	1	30
Malinau Utara	0	6	13	0	3	0	1	0	1	0	0	24
Malinau Barat	1	1	9	0	3	0	1	0	1	1	0	17
Malinau Selatan	0	3	13	0	5	0	1	0	0	0	0	22
Mentarang	0	1	7	0	2	0	1	0	0	0	0	11
Mentarang Hulu	0	1	6	0	1	0	0	0	0	0	0	8
Pujungan	0	1	8	0	1	0	1	0	0	0	0	11
Kayan Hilir	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	5
Kayan Hulu	0	2	5	0	1	0	1	0	0	0	0	9
Kayan Selatan	0	0	4	0	1	0	0	1	0	0	0	6
Sungai Boh	0	1	4	0	2	0	1	0	0	0	0	8
Bahau Hulu	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	7

Tabel C.5 Jumlah Total Inrastruktur Sosial Kabupaten Malinau

Kecamatan	Puskesmas	Pusban/Pustu	Posyandu	Tempat Ibadah	Panti asuhan	Jumlah Infrastruktur Sosial
Malinau Kota	1	3	10	45	4	63
Malinau Utara	3	11	14	40	1	69
Malinau Barat	1	5	6	33	0	45
Malinau Selatan	1	16	24	48	1	90
Mentarang	1	6	10	36	1	54
Mentarang Hulu	1	5	1	5	0	12
Pujungan	1	4	7	16	0	28
Kayan Hilir	1	2	5	8	0	16
Kayan Hulu	1	3	8	10	0	22
Kayan Selatan	1	3	5	0	0	9
Sungai Boh	1	3	6	7	0	17
Bahau Hulu	1	4	6	4	0	15

LAMPIRAN D
Dokumentasi Penelitian Tugas Akhir



Gambar D.1 Tampak Atas Kota Tarakan



Gambar D.4 Pengeboran BBM di Tarakan



Gambar D.2 Pelabuhan Kota Tarakan



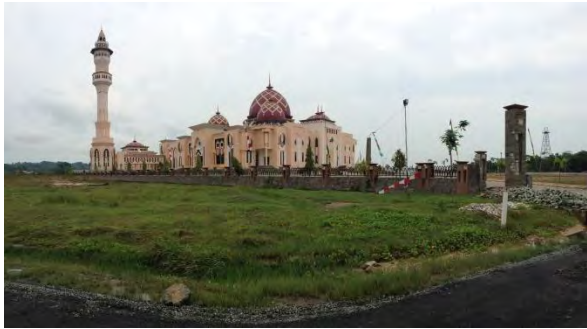
Gambar D.5 Pelabuhan Tanjung Selor



Gambar D.3 PLN Rayon Tanjung Selor, Bulungan



Gambar D.6 Diskusi dengan Pegawai Distamben Bulungan



Gambar D.7 Islamic Centre Kota Tarakan



Gambar D.11 Diskusi dengan Kepala Bappeda Tana Tidung



Gambar D.8 Simpang Pertamina EP Kota Tarakan



Gambar D.12 Rumah Penduduk Tana Tidung



Gambar D.9 Pelabuhan Kab. Tana Tidung



Gambar D.13 Perjalanan Menuju Kab. Malinau



Gambar D.10 Rumah Penduduk Tana Tidung



Gambar D.14 Diskusi dengan Sekretaris Bappeda Malinau



Gambar D.17 Perjalanan Kembali ke Tana Tidung



Gambar D.15 Diskusi dengan Kabid Energi Bappeda Malinau



Gambar D.18 Diskusi dengan Bidang Energi Bappeda Tarakan



Gambar D.16 Lobby Kantor Bupati Malinau



Gambar D.19 Diskusi dengan Bidang Energi Bappeda Tarakan



Gambar D.20 LPJUTS di Kab. Bulungan



Gambar D.23 Diskusi dengan Bagian Energi Distamben Nunukan



Gambar D.24 Pelabuhan Pulau Sebatik



Gambar D.21 LPJUTS di Kab. Nunukan



Gambar D.22 Diskusi dengan Bagian Energi Distamben Nunukan



Gambar D.25 PLTS Terpusat di Pulau Sebatik

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Types of Renewable Energy*. Viewed at 12nd of October 2014
<<http://www.renewableenergyworld.com/rea/tech/home>>.
- Anonim. *Green Peace Indonesia*. Viewed at 12nd of October 2014.
<<http://www.greenpeace.org/seasia/id/campaigns/perubahan-iklim-global/Energi-Bersih/geothermal/>>.
- Anonim. *PLN Beli Listrik dari PLTS Milik LEN*. Viewed at 22nd of October 2014.
< <http://m.energitoday.com/2015/01/10/pln-beli-listrik-dari-plts-milik-len/>>.
- Antony, G., Prestwidge, D., Sandell, G., Archer, A., Thorburn, P., and Higgins, A. 2004. 'Towards farming-systems change from value-chain optimization in the Australian sugar industry', *AFBMNetwork Conference – Proceedings of Contributed Papers*.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Malinau (2014).
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Nunukan (2014).
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Tarakan, 2010. "Master Plan Pengembangan Energi Listrik Alternatif Berbasis SDA Tidak Terbatas Kota Tarakan", Chapter IV pp. 9.
- Bank Indonesia, 2014. *Suku Bunga Dasar Kredit*, Viewed at 12nd of November 2014 < <http://www.bi.go.id/id/perbankan/suku-bunga-dasar/Default.aspx>>.
- Barito, N., 2014. *Kementerian EDSM Gandeng Pemkab Nias dan R20 Bangun PLTS*, Viewed at 20th of October 2014
<<http://industri.bisnis.com/read/20140809/44/248769/kementerian-esdm-gandeng-pemkab-nias-dan-r20-bangun-plts>>.
- Bayraktar, E., Demirbag, M., Koh, S. C. L., Tatoglu, E., & Zaim, H., 2009. A causal analysis of the impact of information systems and supply chain management practices on operational performance: Evidence from manufacturing SMEs in Turkey. *International Journal of Production Economics*, 122(1), 133-149.

- Bhagwat, R., Chan, F. T. S., & Sharma, M. K., 2008. Performance measurement model for supply chain management in SMEs. *International Journal of Globalisation and Small Business*, 2(4), 428-445.
- Chen, I. J., Paulraj, A., & Lado, A. A., 2004. Strategic purchasing, supply management, and firm performance. *Journal of Operations Management*, 22(5), 505-523.
- Chopra, S., Meindl, P., 2004. *Supply chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, New Jersey; Pearson Prentice Hall.
- Childerhouse, P., Hermiz, R., Mason-Jones, R., Popp, A., & Denis, R. T., 2003. Information flow in automotive supply chain - present industrial practice. *Industrial Management & Data Systems*, 103(3), 137-149.
- Cooper, M. C., Lambert, D. M., & Pagh, J. D., 1997. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), 1-14.
- Custer, J., Lianda, J., 2012. *Analisa Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi pada Perumahan Kategori R1 900 VA di Pulau Bengkalis*.
- Dalton, G.J., 2009. *Case Study Feasibility Analysis of Renewable Energy Supply Options for Small to Medium-Sized Tourist Accommodationst*.
- DiMaggio, P. J., & Powell, W. W., 1983. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. *American Sociological Review*, 48(2), 147-160.
- Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Malinau (2014).
- Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Nunukan (2014).
- Direktorat Jenderal Minyak Bumi dan Gas Republik Indonesia., 2012. *Statistik Minyak Bumi*.
- Droge, C., Jayaram, J., & Vickery, S. K., 2004. The effects of internal versus external integration practices on time-based performance and overall firm performance. *Journal of Operations Management*, 22(6), 557-573.
- Faisal, M. N., & Shankar, D. K. B. R., 2007. Supply chain risk management in SMEs: analysing the barriers. *International Journal of Management and Enterprise Development*, 4(5), 588-607.

- Foster, R., Ghassemi, M., Cota, A., 2010. *Solar Energy Renewable Energy and The Environment*. Boca Raton, FL, CRC Press.
- Gajowniczek and Zabkowski., 2014. "Short Term Electricity Forecasting Using Individual Smart Meter Data", *Procedia Computer Science* 35 pp. 589-597
- Gunawan, Putu Nopa., 2013. *Sumber Energi Non-Konvensional "Pembangkit Listrik Energi Pasang Surut"*. Viewed at 12nd of October 2014 <<https://ikabuh.files.wordpress.com/2013/10/energi-pasang-surut.pdf>>.
- Handfield, R. B., & Nichols, E. L., Jr., 2002. *Supply Chain Redesign: transforming supply chains into integrated value systems*. Upper Saddle River, NJ: Financial Times Prentice Hall.
- Hartiningsih, Maria., 2009. *PLTMH Kalimantan Upaya Memerdekakan Warga*. Viewed at 12nd of October 2014 <http://www.sgp-indonesia.org/2010/04/pltmh-kalimaron-upaya-memerdekakan-warga/pltmh-kalimaron_maria-hartiningsih-2/>.
- Heaps, C., 2008. "Energy Planning and Policy Analysis", Stockholm Environment Institute
- Hoetman, A.R., 2010. "Pengkajian Pengembangan dan Pemanfaatan Teknologi Energi Baru dan Terbarukan", *Laporan Kegiatan Tematik Tahun 2010 Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia*, Vol. 3 pp. 25-28
- Holmlund, M., & Kock, S., 1996. Buyer Dominated Relationships in a Supply Chain-A Case Study of Four Small-Sized Suppliers. *International Small Business Journal*, 15(1), 26-40.
- Kassam, A., 2010. "*Homer Software: Training Guide for Renewable Energy Base Station Design*", Green Power, Inc., pp. 8
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral., 2012. *Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2011*, Jakarta.
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia., 2006. *Buku Putih Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2005-2025*. Jakarta.

- Khoir, A., 2011. *Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Kombinasi Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dengan Regresi Linear Antara Suhu dan Daya Listrik*, Depok.
- Kim, S. W., 2009. An investigation on the direct and indirect effect of supply chain integration on firm performance. *International Journal of Production Economics*, 119(2), 328-346.
- Latif, Syahid., 2011. *PLTA Kering, Pasokan Listrik Hilang 1000 MW*. Viewed at 12nd of October 2014 <<http://bisnis.news.viva.co.id/news/read/210258-plta-kering--pasokan-1-000-mw-di-jawa-hilang>>.
- Lai, K.-h., Wong, C. W. Y., & Cheng, T. C. E., 2006. Institutional isomorphism and the adoption of information technology for supply chain management. *Computers in Industry*, 57(1), 93-98.
- Lee, H. L., 2002. Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties. *California Management Review*, 44(3), 105.
- Lee, H. L., & Whang, S., 2000. Information sharing in a supply chain. *International Journal of Technology Management*, 20(3/4), 373-387.
- Lee, H.L., Padmanabhan, V., Whang, S., 1997. 'The bullwhip effect in *supply chains*', *Sloan Management Review*, Vol. 38, pp. 93-102.
- Lee, H.L., Padmanabhan, V., Whang, S., 1997. "Information distortion in a *supply chain*: the bullwhip effect", *Management Science*, Vol. 43, pp. 546-558.
- Limberg, *et al.*, 2005. *Profil Desa-Desa di Kabupaten Malinau; Kondisi Sosial Ekonomi Desa*, Malinau.
- Mentzer, *et.al.*, 2001. "Defining Supply Chain Management". *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 2.
- Nurdyastuti, I., 2003. *Analisis Pemanfaatan Energi pada Pembangkit Tenaga Listrik di Indonesia*.
- Partiwi, S.G., *et al.*, 2009. "Perancangan Model Konseptual Dalam Pengembangan Energy Terbarukan dari Bahan Baku Nabati melalui Pendekatan Klaster Industri", *Prosiding Seminar Nasional XIV- FTI ITS 2009*.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2012, tentang Harga Beli Listrik Oleh PT PLN (Persero).

- Porter, Michael E., 1980. "Competitive Strategy". New York: Free Pass.
- Pujawan, I.N., 2003. *Ekonomi Teknik*. Guna Widya. Surabaya.
- PT PLN Persero., 2013. *Sistem Ketenagalistrikan Kalimantan Timur dan Utara*, Samarinda.
- Rahman, A., Abdullah A.G., Hakim, L.D., 2012. *Prakiraan Beban Puncak Jangka Panjang pada Sistem Kelistrikan Indonesia Menggunakan Algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*, Bandung.
- Renewable Energy Innovation of United Kingdom. No date. *Solar Photovoltaic System Design Info Sheet-Feasibility Study*, Viewed at 31st of October 2014 <<http://www.re-innovation.co.uk>>.
- Riyanto, B., 1995. *Dasar-Dasar Pembelanjaan Perusahaan*. BPFE, Yogyakarta.
- Said, F., Julianto,P., 2012. "Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi Surya dan Energi Angin untuk Peningkatan Hasil Tangkap Nelayan Desa Tanjung Karang Kecamatan Sebatik Timur Kabupaten Nunukan", Universitas Borneo Tarakan.
- Santiari, D.A.S., 2011. *Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali*.
- Shahid, S.M., El-Amin, I., 2007. *Techno-economic Evaluation of Off-Grid Hybrid Photovoltaic –Diesel-Battery Power System for Rural Electrification in Saudi Arabia – A Way Forward for Sustainable Development*, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia.
- Simchi-Levi, et.al., 2003. "Designing and Managing The Supply Chain". 2nd ed. Boston: McGraw-Hill.
- Sitompul, R., 2011. "Manual Pelatihan: Teknologi Energi Terbarukan yang Tepat untuk Aplikasi di Masyarakat Pedesaan", pp. 46-80.
- Soeharto, I., 1997. *Manajemen Proyek*. Erlangga. Jakarta.
- Suarda, M., 2007. *Kajian Teknis dan Ekonomis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro di Bali*, Universitas Udayana Bali, Indonesia.
- Sukhono, A., 2012. *Melakukan Perencanaan Energi Listrik Menggunakan LEAP*. <<https://akhisuhono.wordpress.com/2012/01/13/melakukan-perencanaan-energi-listrik-menggunakan-leap-bagian-2/>>

- Suswanto, D., 2012. “Analisis Peramalan Beban dan Kebutuhan Listrik”, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.
- Undang-undang No. 19 Tahun 2003, tentang Badan Usaha Milik Negara.
- Undang-undang No. 20 Tahun 2012, tentang Pembentukan Provinsi Kalimantan Utara.
- Undang-undang No. 30 Tahun 2007, tentang Energi.
- Utama, S. no date. *Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Propinsi Bali Sampai Tahun 2018 dengan Metode Regresi Berganda Deret Waktu*, Bali.
- Vebrianto, V., 2010. “*Studi Pengembangan Serta Penyusunan Rencana Energi Dan Kelistrikan Daerah Dengan Memanfaatkan Potensi Energi Daerah Di Kabupaten Lamongan Jawa Timur*”, Surabaya.
- Wahyudi, A., 2013. Litbang KESDM: Kualitas Data WK Migas Penting untuk Tingkatkan Produksi Migas, viewed at 20th of October 2014. <<http://jaringnews.com/ekonomi/sektor-riil/33656/litbang-kesdm-kualitas-data-wk-migas-penting-untuk-tingkatkan-produksi-migas>>

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Zahratika Rahmadyani. Penulis lahir di Wonosobo pada tanggal 13 Desember 1993, anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Perumahan Taman Cikas Blok B6/1, Bekasi. Kegemaran penulis adalah melakukan *travelling*, menonton film, bernyanyi serta berwisata kuliner. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri Cipinang Melayu 03 Pg Jakarta Timur, SMP Negeri 1 Payakumbuh, dan SMAT Krida Nusantara Bandung. Setelah menempuh pendidikan di bangku sekolah, penulis meneruskan jenjang pendidikan di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada Tahun 2011. Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis aktif di berbagai organisasi mahasiswa dan beberapa kepanitiaan. Organisasi yang pernah diikuti adalah Badan Eksekutif Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember (BEM ITS) sebagai staff Kementerian Hubungan Luar pada periode kepengurusan 2012/2013, AKATARA HMTI ITS, serta pada tahun ketiga, penulis diberi amanah sebagai Senat Mahasiswa Teknik Industri (SMTI) ITS pada periode kepengurusan 2013/2014. Selain aktif di organisasi mahasiswa, penulis juga merupakan *Lecturer Assistant* di Laboratorium Sistem Manufaktur Teknik Industri ITS selama tiga semester pada periode 2013-2015. Pengalaman tersebut sangat bermanfaat karena dapat melatih *soft skill* dan *hard skill*. Penulis juga tergabung dalam unit kegiatan mahasiswa UKTK (Tari dan Karawitan). Penulis pernah diamanahi sebagai Ketua Pelaksana “Diskusi Bersama Ormawa Nasional”, kemudian sebagai koordinator Sie. *Public Relation* dalam acara “Young Engineers and Scientist Summit 2013”, serta beberapa kepanitiaan lainnya. Penulis dapat dihubungi melalui email: tikadyani@gmail.com atau nomor telepon 081240881299.